

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRONÔMICO

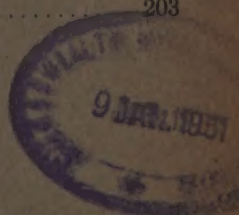
Vol. 9

Campinas, Set.^o - Dez.^o de 1949

N.^{os} 9-12

SUMÁRIO

	Pág.
TAXONOMIA DE <i>COFFEA ARABICA</i> L. II — <i>COFFEA ARABICA</i> L. VAR. <i>CATURRA</i> E SUA FORMA <i>XANTHOCARPA</i>	157
C. A. KRUG, J. E. T. MENDES e A. CARVALHO	
SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS NO CAFEEIRO ..	165
C. M. FRANCO e H. C. MENDES	
DOSAGEM DO POTÁSSIO E SÓDIO PELO "FOTÔMETRO DE CHAMA" — SUA APLICAÇÃO EM ANÁLISE DE SOLO ..	175
R. A. CATANI e J. E. DE PAIVA NETO	
AS FORMAS "TROCÁVEL" E "FIXA" DOS CATIONS K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} NOS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO	185
R. A. CATANI e A. KÜPPER	
GENÉTICA DE <i>COFFEA</i> . XII — HEREDITARIEDADE DA CÔR AMA- RELA DA SEMENTE	193
A. CARVALHO e C. A. KRUG	
DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL BIÓTICO DA "BROCA DO CAFÉ" — <i>HYPOTHENEMUS HAMPEI</i> (FERR.) — E CON- SIDERAÇÕES SOBRE O CRESCIMENTO DE SUA POPU- LAÇÃO. II, III e IV	203
LUIZ O. T. MENDES	



Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo
Departamento da Produção Vegetal

CAIXA POSTAL 28 — CAMPINAS
Estado de São Paulo — Brasil

DEPARTAMENTO DA PRODUÇÃO VEGETAL

DIRETOR GERAL: — Teodureto de Camargo

Divisão de Experimentação e Pesquisas

INSTITUTO AGRÔNOMICO

DIRETOR: — C. A. Krug

SUBDIVISÕES

SUBDIVISÃO DE GENÉTICA: — A. Carvalho (substituto).

Secção de Genética: — A. Carvalho, A. S. Costa, C. S. Novais Antunes, H. Antunes Filho, M. J. Purchio, E. B. Gerneck, M. P. Penteado, C. Marozzi.

Secção de Citologia: — A. J. T. Mendes, C. H. T. Mendes, Dixier M. Medina.

Secção de Introdução de Plantas Cultivadas: — L. A. Nucci (substituto).

SUBDIVISÃO DE HORTICULTURA: — S. Moreira.

Secção de Citricultura e Plantas Tropicais: — S. Moreira, J. Ferreira da Cunha, O. Galli, J. Soubiê Sobrinho.

Secção de Olericultura e Floricultura: — O. de Toledo Prado, L. de Sousa Camargo, S. Alves.

Secção de Viticultura e Frutas de Clima Temperado: — J. R. A. Santos Neto, O. Rigitano, O. Zardeto de Toledo, P. V. C. Bittencourt, J. B. Bernardi, E. P. Guíão.

SUBDIVISÃO DE PLANTAS TÊXTEIS: — O. S. Neves (substituto).

Secção de Algodão: — O. S. Neves, V. Schmidt, H. de Castro Aguiar, E. S. Martinelli, P. A. Cavaleri.

Secção de Plantas Fibrosas Diversas: — J. Vizioli, J. C. Medina, F. A. Correia, G. de Paiva Castro.

SUBDIVISÃO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS: — C. A. Krug, assistido por S. Moreira.

BRAGANTIA

Redação Técnica: A. Carvalho e A. Pais de Camargo.

Redação: B. Cavalcante Pinto e Ciro Alves Mourão.

Os manuscritos são apreciados por técnicos deste Instituto, especializados no assunto. Os resumos em inglês foram revistos por gentileza do Dr. T. J. Grant.

Assinatura anual, Cr\$ 50,00. — Para engenheiros agrônomos, 50% de abatimento.

Toda correspondência deve ser dirigida à Redação de BRAGANTIA — Caixa postal 28
CAMPINAS — Est. de São Paulo — BRASIL.

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRÔNOMICO

Vol. 9 Campinas, Set.^o - Dez.^o de 1949

N.^{os} 9-12

TAXONOMIA DE *COFFEA ARABICA* L. ⁽¹⁾

II — *COFFEA ARABICA* L. VAR. *CATURRA* E SUA FORMA *XANTHOCARPA* ⁽²⁾

C. A. KRUG, *engenheiro agrônomo, diretor*; J. E. T. MENDES, *engenheiro agrônomo, Secção de Café* e A. CARVALHO, *engenheiro agrônomo, Secção de Genética, Instituto Agrônomo de Campinas.*

1—INTRODUÇÃO

O café Caturra, também conhecido por café Nanico, foi enviado, pela primeira vez, ao Instituto Agrônomo de Campinas, pelo eng. agr.^o Benvenuto Novais, do Ministério da Agricultura, sediado em Vitória, Estado do Espírito Santo.

Esse técnico, visitando lavouras cafeeiras do município de Siqueira Campos, naquele Estado, teve oportunidade de examinar uma plantação de Caturra, na fazenda São João, do sr. Hildebrando Martinho de Carvalho. Nessa ocasião já pôde distinguir duas formas de Caturra: uma, com frutos vermelhos, e outra, com frutos amarelos. Enviou sementes, em separado, de cada uma delas, e mencionou a denominação local pela qual eram conhecidas: Caturra.

Essas sementes deram entrada, no Instituto Agrônomo, em novembro de 1937, e receberam a numeração 476 (da Secção de Genética), para o amarelo, e 477, para o vermelho. No ano seguinte, os dois conjuntos de mudas obtidas foram plantados num dos talhões de seleção em Campinas. O Caturra chamou logo a atenção de quantos trabalhavam com o cafeeiro, principalmente em virtude do porte mais reduzido e da tendência que apresentava de produzir grandes colheitas (1).

Em 1945, quando os dois primeiros autores puderam percorrer as zonas cafeeiras do Espírito Santo, foi com especial interesse que procuraram a lavoura de onde haviam sido retiradas as sementes remetidas para Campinas (6). Na propriedade agrícola já citada, no distrito de Imbuí, município de Siqueira Campos, encontraram duas plantações de Caturra, uma com doze, e outra com sete anos de idade (est. 1). Os cafeeiros se apresen-

(1) Trabalho apresentado na Primeira Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Campinas, de 11 a 15 de outubro de 1949.

(2) O primeiro artigo da série é o de número 4, da Literatura Citada.

tavam bem enfolhados, com ótima produção, e eram, na sua grande maioria, da forma com frutos vermelhos, mas, aqui e ali, se encontravam indivíduos com frutos amarelos.

Foram, então, aí informados de que as sementes, com as quais se iniciara aquela cultura, haviam sido obtidas em 1932, no bairro do Limo Verde, nas proximidades da Serra do Caparaó, em território mineiro e em lavoura com cerca de 15 anos de idade.

A origem do café Caturra, portanto, não era no Espírito Santo e sim em Minas Gerais. Este fato foi depois confirmado pelo eng. agr.º Homero Diniz Freitas, que informou terem sido as primeiras sementes do Caturra introduzidas no Espírito Santo, no Município de Siqueira Campos (ex-Guaçu), mais ou menos em 1918, pelo sr. Juvêncio Nascimento. Essas sementes eram procedentes de uma pequena lavoura existente na localidade denominada Lessa, no município mineiro de Manhumirim.

É bastante provável, portanto, que o Caturra se tenha originado em Minas Gerais, sendo daí enviado para o Espírito Santo, de onde vieram as sementes para São Paulo.

Introduzido em 1937 no Instituto Agronômico, as Secções de Café, Genética e Citologia desde logo iniciaram estudos sobre o café Caturra, versando sobre a taxonomia, genética, citologia, melhoramento e sobre seus problemas culturais.

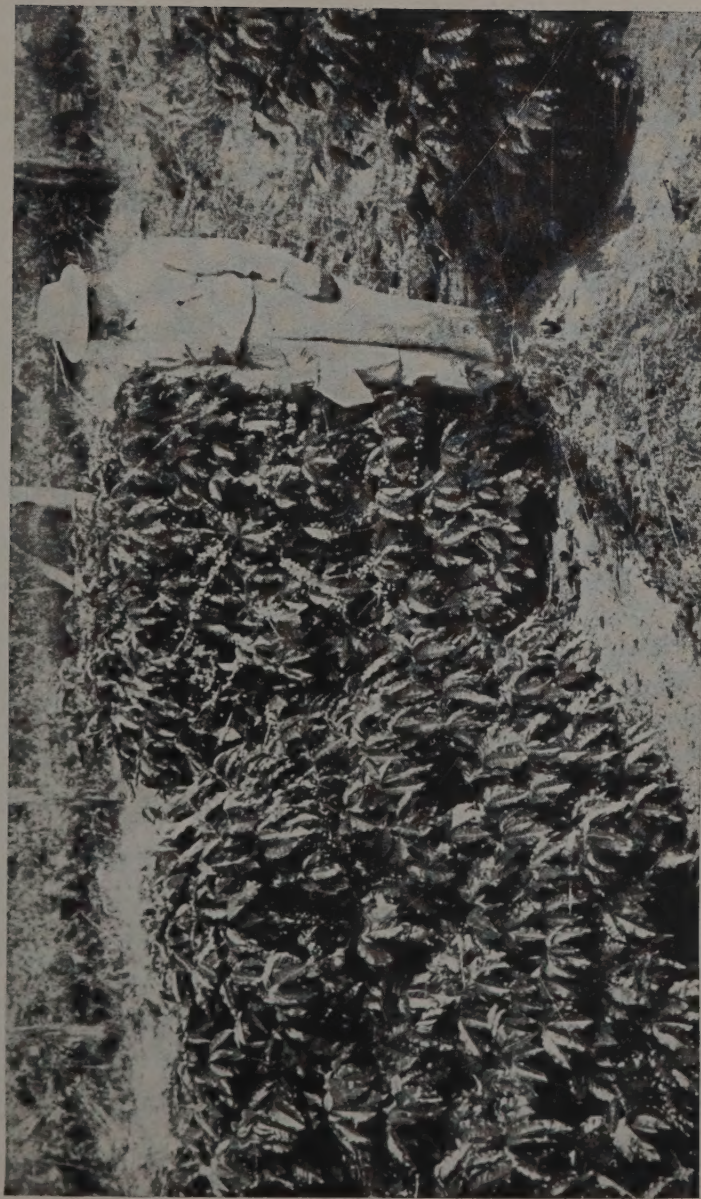
A variedade *caturra* vem despertando grande interesse entre os lavradores que a têm visto nos ensaios em nossas estações experimentais. Desde 1944 o Instituto Agronômico vem distribuindo sementes a fazendeiros e a instituições que se dedicam ao estudo do cafeeiro em São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Rio de Janeiro, havendo, atualmente, algumas plantações já em início de produção em diversas zonas cafeeiras desses Estados.

Tratando-se, pois, de um café já bem conhecido e de bastante interesse econômico, resolvemos apresentar, na presente publicação, a descrição botânica da variedade *caturra*, bem como de sua forma produtora de frutos amarelos. Este trabalho constitui a continuação do estudo botânico das variedades de cafeeiros, em cultura ou existentes em São Paulo, cuja primeira parte foi publicada em 1938 (4).

2—DESCRIÇÃO

A descrição dos caracteres morfológicos do Caturra, a seguir apresentada, é feita de acordo com as regras estabelecidas na descrição de outras variedades de café (4) e em comparação com os da variedade *bourbon*, *Coffea arabica* L. var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy, da qual, provavelmente, esse café se originou. As particularidades referentes ao porte, ramos, etc., são válidas tanto para o Caturra Vermelho como para o Caturra Amarelo, que parecem diferir apenas pela coloração dos frutos.

Os dados biométricos apresentados foram obtidos de plantas oriundas da primeira remessa de sementes recebidas pelo Instituto Agronômico, e que, há 11 anos, vêm sendo cuidadosamente observadas.



Cafeiros Caturra, com sete anos, cultivados no município de Siqueira Campos, Estado do Espírito Santo.



Cafeeiros Caturra amarelo, com sete anos, de um dos lotes de progênies da Secção de Genética, na Est. Exp. Central de Campinas.

2.1—PORTE

Um dos principais caraterísticos do Caturra é o porte pequeno. Disso lhe proveio o nome. Plantas, com cêrca de onze anos, apresentam, em média, uma altura de 2,0 m, ao passo que cafeeiros Bourbon, da mesma idade e plantados no mesmo terreno, acusam, em média, 2,5 m. Os internódios na haste principal são curtos e a forma do arbusto é cilíndrica, o que é particularmente caraterístico em exemplares com quatro a cinco anos.

2.2—RAMOS

Os ramos laterais principais são um pouco mais pendentes que os de Bourbon, formando com o caule um ângulo médio de 66 graus. Nesse caraterístico, portanto, aproxima-se da var. *typica* (*Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer) (4). Os ramos laterais secundários e os de ordem inferior são particularmente abundantes e os internódios bastante curtos, do que, em parte, resulta a grande capacidade produtiva do Caturra.

2.3—FÔLHAS

As fôlhas novas são de côr verde-clara ; quando maduras, são de um verde bem intenso, um pouco maiores e proporcionalmente mais largas do que as da variedade *bourbon*, sendo o índice (relação do comprimento para a largura), por conseguinte, pouco menor (est. 3-A). As dimensões tomadas em 200 fôlhas maduras forneceram os dados constantes do quadro 1, no qual também se apresentam os valores referentes à var. *bourbon*.

2.4—ESTÍPULAS

As estípulas interpeciolares são deltóides, acuminadas, em tudo semelhantes às da variedade *bourbon*.

2.5—FLORES

As flores, um pouco menores do que as da var. *bourbon*, têm corola branca e são dispostas em glomérulos ; o ovário é bi ou, às vêzes, trilobular, e o cálice é rudimentar e denticulado (est. 3-B).

2.6—FRUTOS

Os frutos são curto-pedunculados, oval-elípticos, brilhantes, com mesocarpo carnoso, apresentando um comprimento médio de $15,24 \pm 0,07$ mm, e uma largura média de $11,32 \pm 0,06$ mm (est. 3-C).

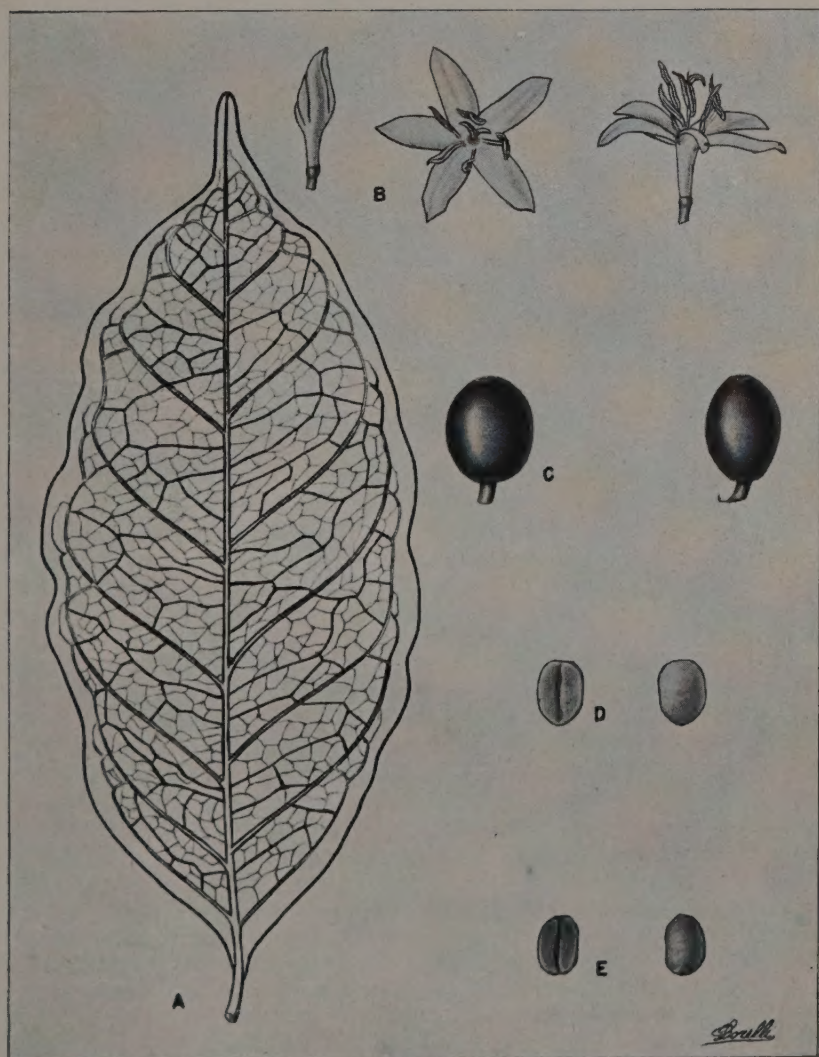
2.7—SEMENTES

As sementes são plano-convexas, de coloração esverdeada, cobertas por uma fina película prateada, apresentando $8,43 \pm 0,39$ mm de comprimento, $6,32 \pm 0,26$ mm de largura e 1,33 de índice (relação entre o comprimento

QUADRO 1.—Medições das várias partes de 200 folhas de café Caturra, comparadas com os mesmos dados referentes ao Bourbon ⁽¹⁾

Variedades	Valores observados	L a m i n a					Nervuras primárias		Comprimento do pecíolo
		Comprimento total	Largura máxima	Índice	Comprimento do ápice	Ângulo da base	Número	Ângulo com nerv. central	
<i>caturra</i>	Médias	mm 132,12±0,74	mm 55,13±0,37	n.º 2,39	mm 13,32±0,16	graus 85,41±0,52	n.º 7,21±0,05	graus 51,09±0,39	mm 10,27±0,12
	Extremos	105-163	47-71	.....	.....	73-99	.....	.....	.....
<i>bourbon</i>	Médias	120,30±0,52	49,85±0,24	2,41	14,16±0,17	89,97±0,35	7,28±0,06	52,43±0,23	9,12±0,03
	Extremos	84-156	20-27	.....	.....	71-105	.....	.....	.....

⁽¹⁾ Ver literatura citada, número 4.



Detalhes relativos à var. *caturra*, tamanho natural médio: A — fôlha madura; B — flores; C — frutos; D — sementes com pergaminho; E — sementes sem pergaminho.

e a largura), (est. 3-D, E). São aproximadamente do mesmo tamanho que as do Bourbon, que apresenta $8,09 \pm 0,02$ mm de comprimento e $6,14 \pm 0,01$ mm de largura (4), e também do mesmo formato que as sementes desta variedade, que apresenta um índice médio de 1,32.

3—NÚMERO DE CROMOSÔMIOS E ANÁLISE GENÉTICA

Como a maioria das variedades de *C. arabica*, o café Caturra também apresenta 44 cromosômos somáticos, os quais, em meiose, se distribuem normalmente, dando gametas com 22 cromosômos (5).

Do resultado da análise genética parcial até aqui efetuada, isto é, dos cruzamentos com as variedades *typica* e *bourbon*, pode-se deduzir que as características diferenciais do Caturra são controladas por um par de fatores genéticos principais, *Ct*, com dominância em F_1 (3).

4—IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Os internódios bem curtos e a intensa ramificação secundária e de ordem inferior, dão ao café Caturra possibilidades de abundante produção.

A fim de fazer um estudo preliminar sobre essa capacidade de produção, resolveu-se incluir, no lote de progênies da Seção de Genética, na Estação Experimental Central de Campinas, vinte representantes do Caturra Vermelho (no. 477) e vinte do Caturra Amarelo (no. 476), obtidos das sementes recebidas do Espírito Santo. Outros conjuntos de Caturra Vermelho foram enviados às Estações Experimentais de Ribeirão Preto e Pindorama, para estudos de comportamento regional. Progênies de Caturra Vermelho, correspondentes a outras introduções feitas dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, foram também plantadas nessas mesmas Estações Experimentais, bem como nas de Mococa e Jaú. Notou-se, em todos os lotes de Caturra, grande uniformidade, tanto nas mudas novas em viveiro, como em local definitivo, vários anos após o seu plantio (est. 2).

Todos os cafeeiros estão sendo colhidos, individualmente, desde a primeira produção (1940), a fim de serem observadas as variações quanto à produtividade e também quanto ao tipo de sementes produzidas. Após alguns anos de observações, efetuaram-se seleções das melhores plantas. Estas foram autopolinizadas artificialmente, para estudo de progênies, não somente em Campinas, como também nas Estações Experimentais do Instituto Agrônomo, em Ribeirão Preto, Pindorama, Mococa, Jaú e Monte Alegre do Sul. O Caturra ainda foi incluído em cinco ensaios regionais, nas cinco primeiras localidades, a fim de se estudar o seu comportamento, tanto a pleno sol como à sombra.

Os resultados parciais levam a concluir que as produções obtidas são bastante elevadas, considerando o porte pequeno das plantas Caturra. Muito embora as produções individuais sejam pouco menores do que as do bourbon selecionado, e da mesma idade, a produção, por unidade de área, poderá ser maior, porque o Caturra tem a vantagem de poder ser plantado em um espaçamento menor. Portanto, o café Caturra terá emprêgo sempre que se

tenha em mira a maior produção por área e não por mil cafeeiros. Adotando-se compasso mais reduzido, há um melhor aproveitamento do terreno e, conseqüentemente, maior colheita. Esta variedade poderá também ser indicada para as zonas novas, onde o crescimento excessivo das plantas dificulta a colheita, e onde se queira obter plantas menores, que facilitem essa operação.

Devido às grandes cargas produzidas em anos alternados, o *die-back* (seca dos ramos a partir da extremidade) é mais ou menos intenso, principalmente quando há uma só planta por cova. Este defeito poderá ser atenuado com o plantio de três a quatro plantas por cova, como é preconizado.

Dado o interesse econômico dessa variedade, a Secção de Genética a tem utilizado na síntese de variados híbridos artificiais, a fim de aliar as suas características às de outras variedades comerciais de *C. arabica*.

5—DIAGNOSES

5.1—*COFFEA ARABICA* L. VAR. *CATURRA* NOV. VAR.

Varietas, probabiliter a *bourboni* proveniens, magnitudo vel numerosa secundaria ramificatione distat. Internodia ramorum sunt etiam breviora; folia majora et quoad latitudinem pertinet latiora; flores copiosae pauloque minores, semina similia *bourboni*.

Typo sub numero 9013, a Alcides Carvalho lecto, in herbario botanico Institutionis Agronomicae, Campinas, Prov. St. Pauli, Brasilia, Amer. Australis, etiam sub numero 805 in herbario Divisionis Geneticæ ejusdem Institutionis. Varietas in Stationem Experimentalem Centralem, (Fazenda Sta. Elisa dictam,) culta, floret Augusto mense.

5.2—*COFFEA ARABICA* L. VAR. *CATURRA* FORMA *XANTHOCARPA* NOV. FORM.

Similis est varietatis *caturrae* sed recedit flavo colore fructuum. Typo sub numero 9012, in herbario botanico Institutionis Agronomicae, Campinas, Prov. St. Pauli, Brasilia, Amer. Australis, etiam sub numero 817 in herbario Divisionis Geneticæ ejusdem Institutionis, Augusto mense floret, leg. Alcides Carvalho.

6—RESUMO

Uma nova variedade de *Coffea arabica* L., provávelmente originária de Manhumirim, Estado de Minas Gerais, e cultivada em pequena escala no Estado do Espírito Santo, foi recebida, pelo Instituto Agrônômico de Campinas, em 1937.

Trata-se da variedade *caturra*. Caracteriza-se por apresentar porte menor do que o da variedade *bourbon*, da qual provávelmente se originou. Os internódios são bem curtos, tanto no caule como nos ramos, sendo intensa a ramificação secundária e de ordem inferior. As folhas são de um verde bem escuro, maiores e proporcionalmente mais largas do que as do Bourbon. As flores são pouco menores e os frutos e sementes um pouco maiores do que as dessa variedade.

No presente trabalho apresentam-se os resultados das pesquisas taxonômicas relativas a essa nova variedade de *C. arabica* e alguns dados preliminares referentes à sua constituição cromossômica e genética. Verificou-se

ser de $2n=44$ o número de cromossomos somáticos e, dos cruzamentos com as variedades *typica* e *bourbon*, conclui-se que os seus principais caracteres são devidos à ação de um só par de fatores genéticos dominantes principais (*Ct Ct*).

As observações preliminares relativas à produtividade indicam que se trata de uma variedade de elevada capacidade produtiva, merecendo, por conseguinte, a atenção que se vem dando aos trabalhos ora em realização nas principais zonas cafeeiras.

A forma *xanthocarpa* parece diferir do Caturra Vermelho apenas na coloração amarela dos frutos, que é devida ao mesmo fator (*xc xc*) que caracteriza a forma *xanthocarpa* da variedade *typica* (2).

SUMMARY

A new variety of *Coffea arabica* L., which is believed to have originated in the region of Manhumirim, in the State of Minas Gerais and which is cultivated on a small scale in the State of Espírito Santo, was sent to the Instituto Agrônomo in Campinas, in 1937.

The new variety is called *caturra* and is characterized as being somewhat smaller than the *bourbon* variety from which it probably originated. The internodes, both on the main stem and branches, are very short and secondary branches are abundant. It has very dark green leaves that are larger and proportionally longer than those of the *bourbon* variety. Also in comparison with this variety, its flowers are a little smaller but its fruits and seeds are slightly larger.

The results of a taxonomic study together with preliminary information on the genetic constitution of the *caturra* variety, are presented in this paper. It was found to have $2n=44$ somatic chromosomes and from crosses made between this variety and the varieties *typica* and *bourbon*, it was determined that its principal morphological characters were due largely to the action of a single pair of dominant genetic factors (*Ct Ct*).

Preliminary data indicate that the *caturra* variety has a high yielding capacity and that it may be particularly well adapted to cultivation under shade.

There is a yellow fruited (*xanthocarpa*) form of *caturra* that is the same as the red fruited form except for the color difference. The yellow fruit color of *caturra* is probably determined by the same genetic factor (*xc xc*) that characterizes the *xanthocarpa* form of the variety *typica*.

LITERATURA CITADA

1. Krug, C. A. Melhoramento do cafeeiro. Doze anos (1933-1944) de pesquisas básicas e aplicadas realizadas nas Seções de Genética, Café e Citologia do Instituto Agrônomo. Bol. da Super. dos Serv. do Café do Estado de São Paulo 20 : 863-872, 959-962. 1945.
2. Krug, C. A. e A. Carvalho. Genética de *Coffea*. III — Hereditariedade da cor amarela dos frutos. Bol. Técn. do Instituto Agrônomo de Campinas 82 : 1-16, fig. 1-3. 1940.
3. Krug, C. A. e A. Carvalho. The Genetics of *Coffea*. Proceedings of the Eighth International Congress of Genetics. Hereditas Supp. Vol., 611-612. 1949.
4. Krug, C. A., J. E. T. Mendes e A. Carvalho. Taxonomia de *Coffea arabica* L. Descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo. Bol. Téc. do Instituto Agrônomo de Campinas 62 : 9-57, fig. 1-122. 1939.
5. Mendes A. J. T. Microsporogênese em *C. arabica* L. Bragantia (no prelo).
6. Mendes, J. E. T., C. A. Krug e J. Bergamin. Relatório de uma viagem de estudos sobre a lavoura cafeeira nos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Bol. da Super. dos Serv. do Café do Estado de São Paulo 21 : 19-28. 1946.

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS NO CAFEIEIRO ^(1,2)

C. M. FRANCO e H. C. MENDES, *engenheiros agrônomos, Secção de Fisiologia e Alimentação das Plantas, Instituto Agrônômico de Campinas*

1—INTRODUÇÃO

O método de cultura em soluções nutritivas tem sido largamente usado nos estudos sobre a nutrição das plantas. Sem dúvida, é o que oferece maiores possibilidades e segurança em tais estudos. No solo, os fatores que influem no aproveitamento dos elementos minerais nêle contidos são complexos, múltiplos, muitos dêles mal conhecidos ainda, o que torna impossível o controle eficiente do meio. Em uma solução nutritiva podem-se controlar, com maior precisão, as quantidades e proporções de cada elemento disponível às plantas, a sua forma química, a acidez do meio, etc.

Torna-se, por êsse modo, muito mais fácil e seguro o estudo dos fenômenos básicos da nutrição vegetal, tais como os sintomas manifestados pelas plantas em consequência da deficiência ou excesso dos elementos minerais.

São poucos os estudos dessa natureza feitos com o cafeeiro e dêles faremos referência ao discutir os resultados obtidos. O conhecimento dos sintomas de deficiências obtidos artificialmente em soluções nutritivas é de grande utilidade na identificação das deficiências minerais do solo, em condições de cultura. Não se deve, entretanto, exagerar a ponto de usá-los como um guia único para a prática de adubações, pois as plantas freqüentemente reagem aos fertilizantes, antes mesmo que sejam visíveis os sintomas característicos de que trataremos adiante.

2—MATERIAIS E TÉCNICA EXPERIMENTAL

Sementes de *Coffea arabica* L. var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy, foram semeadas em areia lavada de rio, em 21 de outubro de 1946, e as plantinhas, apenas com os cotilédones e o primeiro par de folhas verdadeiras em início de desenvolvimento, foram transferidas para solução nutritiva completa de Hoagland (5), em 4 de janeiro de 1947. A opção por essa solução se deu em vista de ter sido a que melhores resultados apresentou num ensaio preliminar realizado com várias fórmulas de soluções nutritivas. E, por indicação da literatura, de ser o cafeeiro pouco exigente em fósforo (6, 7), a

(1) A publicação dêste trabalho é feita sob os auspícios da Serrana S. A. de Mineração.

(2) Trabalho apresentado à Segunda Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada no Instituto Agrônômico de Campinas, de 11 a 22 de junho de 1949.

solução conteve apenas a terça parte da quantidade de KH_2PO_4 preconizada na fórmula original. Assim, a composição da solução inicial foi a seguinte :

	g/l
KNO_3	0,506
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,590
MgSO_4	0,250
KH_2PO_4	0,022
H_3BO_3	0,001
MnCl_2	0,0005
Fe	0,005

O ensaio foi instalado em frascos de vidro neutro de um litro de capacidade, providos de dispositivo para a aeração contínua das soluções por meio de borbulhamento de ar proveniente de um compressor.

Os frascos foram pintados externamente com tinta preta, a fim de vedar a entrada de luz, e sobre aquela tinta aplicou-se esmalte branco, que refletindo a luz incidente restringe bastante o aquecimento da solução nutritiva no interior do frasco.

O ensaio foi realizado no interior de uma estufa de vidros, sendo a posição das diferentes séries de frascos, umas em relação às outras, trocada frequentemente a fim de se eliminar o efeito contínuo de algum fator, principalmente da iluminação, sobre uma única ou apenas algumas séries. Para facilitar o preparo das soluções nutritivas usaram-se "soluções-estoque" dos sais empregados. As soluções nutritivas eram então preparadas tomando-se determinados volumes das soluções-estoque e diluindo-os em água destilada até a concentração desejada. Foram sempre empregados sais puros pr-análise.

O ferro foi adicionado na proporção de 5 ppm e inicialmente sob a forma de citrato. Mais tarde usou-se citrato de ferro amoniacal e também sulfato ferroso. Nas ocasiões em que este último foi empregado interrompeu-se a aeração das soluções por dois dias, a fim de retardar a sua oxidação a sulfato férrico. Quando se eliminou o nitrogênio das soluções de uma série de plantas, usou-se sulfato ferroso ou citrato não amoniacal como fontes de ferro. Também na série sem enxôfre, não se usou o sulfato e sim o citrato.

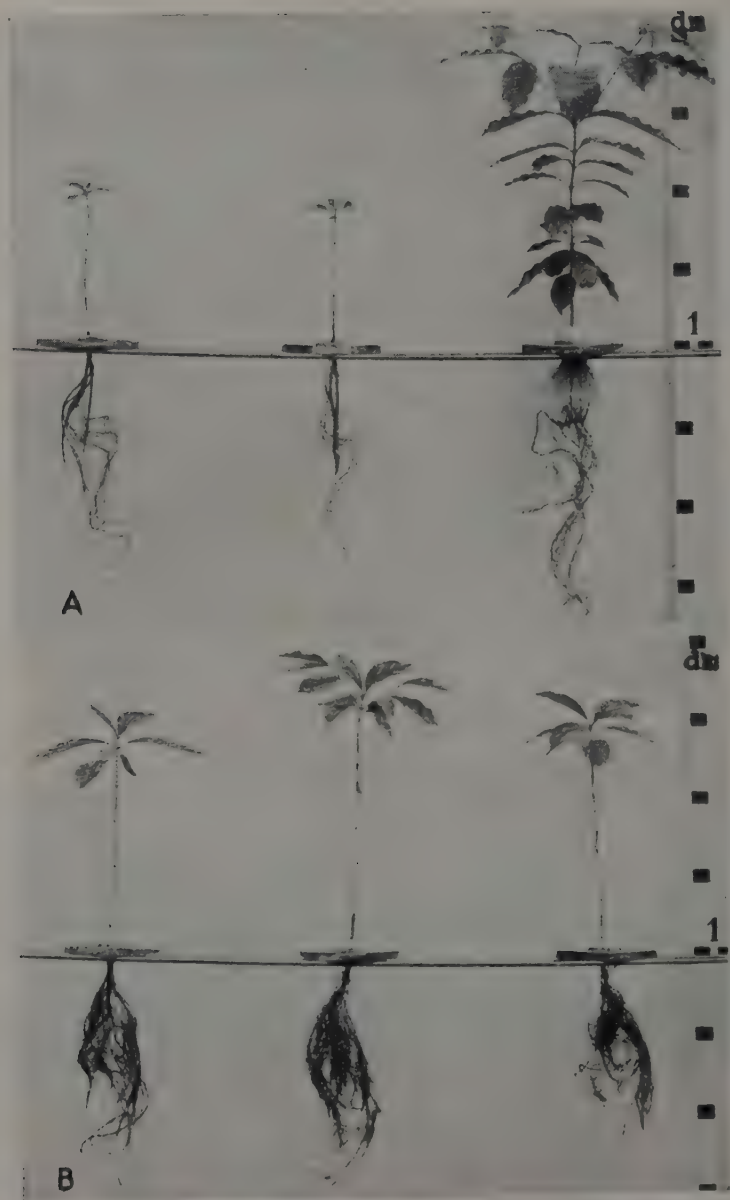
O *pH* não foi artificialmente controlado durante o ensaio, tendo oscilado principalmente entre os valores 5,8 e 7,2.

O cafeeiro absorve dificilmente ferro em meio com *pH* próximo a 7,0, na presença de fósforo. Para contornar essa dificuldade usou-se a técnica já descrita em outro trabalho (3), de omitir o fosfato das soluções nutritivas por alguns dias, até que as plantas se restabeleçam da clorose de ferro.

De início, foram colocadas duas plantinhas em cada frasco. Ao cabo de um mês homogeneizou-se o lote, rejeitando-se as plantas que apresentassem desenvolvimento muito abaixo ou acima da média (cerca de 11 centímetros de altura) ficando cada frasco com uma única planta (est. 1-1).



A — Plantas do ensaio, fotografadas 34 dias após a sua transferência para a solução nutritiva. B — Plantas da série mantida em solução nutritiva completa, fotografadas com um ano de idade.



A — Primeira série sem fósforo, fotografada 14 meses após a omissão deste elemento; a planta à direita recebeu novamente fósforo após haver vegetado 4¹/₂ meses em solução sem tal elemento. B — Plantas da segunda série sem fósforo, fotografadas 10 meses após a omissão desse elemento.

Após três meses e meio de permanência das plantinhas na solução nutritiva completa, foram elas repartidas em dez séries de três plantas cada uma. Uma série continuou em solução completa com aeração, outra em solução completa sem aeração e as demais séries foram postas, respectivamente, em solução nutritiva com aeração, mas sem um dos elementos dos quais se desejava conhecer os sintomas característicos de deficiência, isto é, **N, P, K, Mg, Ca, S e Fe**.

As soluções nutritivas empregadas para a obtenção dos sintomas de deficiências foram as de Hoagland e Arnon (4), cujas fórmulas estão condensadas no quadro 1:

QUADRO 1.—Composição química das diferentes soluções nutritivas empregadas para a obtenção dos sintomas de deficiências minerais no cafeeiro jovem

Soluções-estoque	Composição, por litro, das soluções nutritivas					
	Sem N	Sem P	Sem K	Sem Mg	Sem Ca	Sem S
	ml	ml	ml	ml	ml	ml
0,5 M K_2SO_4	5	.....	.....	3	.....	.....
M $MgSO_4$	2	2	2	.....	2	.....
0,05 M $Ca(H_2PO_4)_2$..	10	.....	10	.....	.....	.....
0,01 M $CaSO_4$	200	.....	.....	.....	.....	.....
M $Ca(NO_3)_2$ .....	.....	4	5	4	.....	4
M KNO_3 .....	.....	6	.....	6	5	6
M KH_2PO_4 .....	.....	.....	.....	1	1	1
M $Mg(NO_3)_2$ .....	.....	.....	.....	.....	.....	2

Inicialmente, as soluções nutritivas foram renovadas cada três semanas. À medida que as plantas iam crescendo, ia-se fazendo a substituição com maior frequência, até torná-la semanal. O fósforo foi retirado da solução nutritiva de uma das séries em 31 de janeiro de 1947, antes dos demais elementos, em vista de Jacob (6, 7) mencionar o cafeeiro como muito pouco exigente desse elemento. Como, porém, os resultados não concordaram com essa conclusão de Jacob, retirou-se o fósforo de mais uma série em 16 de abril de 1947, quando também foram omitidos, das soluções nutritivas, os demais elementos em estudo.

3—RESULTADOS OBTIDOS

3.1—OBSERVAÇÕES GERAIS

Não foi possível chegar-se a uma conclusão definitiva quanto à vantagem da aeração contínua da solução nutritiva, para o cafeeiro jovem. Isto porque o compressor de ar empregado não funcionou com a devida regularidade, em virtude da sua pequena pressão.

Não se notou diferença apreciável entre os sistemas radiculares da série com aeração e da sem aeração, apesar de esta última, desde a transferência das plantinhas para a solução nutritiva, não ter sido arejada. As partes vegetativas apresentaram idêntico desenvolvimento em ambas as séries. Há, portanto, indicação de que a aeração não é indispensável para o desenvolvimento do cafeeiro jovem em meio líquido, o que está de acordo com a conclusão a que chegou Jacob.

No ensaio prévio com várias soluções nutritivas, verificou-se que a presença de NH_4NO_3 na solução proporcionava absorção excessiva de nitrogênio pelo cafeeiro. Nestas condições, as folhas se desenvolvem inicialmente muito mais no sentido do comprimento do que no da largura, tornando-se quase irreconhecíveis como folhas de *C. arabica*. Mais tarde têm, entretanto, a conformação normal, sendo, porém, de tamanho excessivamente grande e textura macia ao tato. Ao cabo de poucos meses, as plantinhas murchem e morrem, parecendo concorrer para isto o excesso da transpiração sobre a absorção de água, em consequência da superfície folhar exagerada.

A grande facilidade com que o radical NH_4^+ é absorvido faz com que o *pH* da solução baixe, em virtude do acúmulo do radical NO_3^- na solução.

Conforme foi dito anteriormente, o cafeeiro absorve mal o ferro das soluções nutritivas completas, portanto contendo fósforo, quando o seu *pH* não fôr suficientemente baixo, o que se evidencia pela facilidade com que mostra os sintomas característicos da deficiência daquele elemento. Esta deve ser a razão de ter sido o cafeeiro considerado como planta que "prefere" meio ácido, com *pH* entre 4,2 e 5,1 (2). Usando a técnica já atrás descrita, de se omitir, de vez em quando, o fosfato da solução, por alguns dias, as plantas se desenvolveram normalmente em soluções com *pH* compreendido geralmente entre 5,8 e 7,2. Esta técnica é muito mais simples do que o controle do *pH* da solução nutritiva.

3.2—DESENVOLVIMENTO DAS TESTEMUNHAS

As plantas testemunhas, que vegetaram em solução nutritiva completa durante todo o curso da experiência, tiveram um desenvolvimento perfeitamente normal quanto ao crescimento de suas partes e à coloração das folhas, que era a verde escuro, característica do cafeeiro bem nutrido (est. 1-B; 7-A) (1).

3.3—DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO

Após a omissão do nitrogênio da solução nutritiva, as plantas tiveram um desenvolvimento muito retardado. O desenvolvimento das raízes foi menos prejudicado do que o das partes aéreas dando, por isso, origem a um sistema radicular maior em relação à parte aérea. Não houve diferenciação das gemas laterais para a produção de galhos, ficando as plantas unicamente constituídas da haste principal e suas folhas. Estas exibiam clorose uniforme

(1) As aquarelas que ilustram este trabalho são de autoria do Sr. José de Castro Mendes, desenhista do Instituto Agrônomico e as reproduções feitas em tamanho natural.

no limbo, caracterizada por uma coloração amarelo-limão sem brilho (est. 6 e 7-B). Essa clorose era ainda uniforme na planta toda, isto é, tôdas as folhas de uma mesma planta tinham, aproximadamente, a mesma coloração. No solo nem sempre a uniformidade daquele sintoma é assim tão grande, em consequência de o teor em azôto do solo não ser tão homogêneo quanto o de uma solução nutritiva. Assim, as raízes que se desenvolvem numa parte do solo mais rica naquele elemento, o absorverão em maiores proporções e, como a translocação lateral dos elementos no interior da planta é muito lenta, certas partes apresentam-se mais cloróticas do que outras.

3.4—DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO

Em tôdas as duas séries de plantas que passaram a vegetar em solução nutritiva sem fósforo, o crescimento dos cafeeiros reduziu-se ao mínimo, quase parализando, pouco tempo após a omissão daquele elemento e mostrando, logo a seguir, sintomas característicos. Com efeito, duas semanas após a omissão do fósforo, já se notava uma coloração amarelo-bronzeadas muito leve nas folhas, e dois meses e meio mais tarde, eram evidentes as manchas necróticas nos limbos. Os sintomas apareceram a partir das folhas inferiores, que iam aos poucos caindo. As manchas achavam-se irregularmente distribuídas na área das folhas, que eram de um tamanho abaixo do normal (est. 8-A e B). As raízes apresentavam coloração escura. Em um estado avançado da deficiência restavam apenas as folhas da parte superior, conforme se pode ver na estampa 2.

A uma das plantas que apresentavam sintomas agudos de falta de fósforo, administrou-se novamente êsse elemento, adicionando-o à solução. A reação da planta foi imediata e completa, como se observa na estampa 2-4. A parte aérea se reconstituiu completamente e novas raízes surgiram em abundância.

Os resultados por nós obtidos quanto à deficiência do fósforo estão em completo desacôrdo com aquêles a que chegou Jacob (6, 7), pois êste autor não conseguiu obter nenhum sintoma dessa deficiência na cultura que fêz, de cafeeiro em solução nutritiva.

A razão disso deve estar no fato de haver Jacob trabalhado com a solução nutritiva de Shive (9), que contém grande quantidade de fósforo. De fato, o seu teor neste elemento é cêrca de cento e dez vêzes maior do que na solução por nós empregada. Nestas condições, as plantas puderam absorver excesso de fósforo durante o período inicial do ensaio, quando se desenvolveram em solução nutritiva completa, excesso êsse que foi suficiente para o desenvolvimento posterior na solução sem fósforo.

Tanada (10), trabalhando com solução nutritiva, concluiu que a deficiência de fósforo produz acúmulo de nitrogênio na planta, não tendo notado nenhum sintoma folhar da deficiência de fósforo. Isto deve ser atribuído ao fato de aquêl autor haver concluído seus ensaios apenas seis semanas após a omissão do fósforo da solução nutritiva, já que seu objetivo principal não era obter sintomas folhares. Além disto, usou uma solução nutritiva

com o dobro de fósforo da que usamos e também um volume duplo de solução disponível a cada planta, o que corresponde a uma quantidade de fósforo cêrca de quatro vêzes maior do que aquela por nós empregada.

Os resultados que obtivemos quanto à reação do cafeeiro ao fósforo, estão mais de acôrdo com a literatura e observações referentes às culturas permanentes. Assim é que Niklas e Schropp (8), em experiências em vaso, concluíram que as plantas que receberam P_2O_5 mostraram crescimento mais exuberante. Também Camargo (1), concluiu, de suas experiências em vaso, que o fósforo é o elemento cuja influência é a mais evidente sôbre o desenvolvimento do cafeeiro. Além disso, em nossos solos pobres em fósforo, o cafeeiro reage prontamente à aplicação daquele elemento.

3.5—DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO

As plantas que passaram a vegetar em solução nutritiva sem potássio apresentaram ainda bom desenvolvimento após a supressão dêsse elemento, e sômente oito meses depois desta, os sintomas se apresentaram com nitidez (est. 3-A). Deve-se isto, possivelmente, ao fato de terem absorvido excesso de potássio durante o tempo que vegetaram em solução completa.

Os sintomas típicos progressivos, da deficiência nas fôlhas, estão representados na estampa 9. Primeiramente apareceu uma coloração amarelo-pardacenta nas margens das fôlhas. Essa coloração evoluiu para manchas pardas bem nítidas e irregulares, que mais tarde se tornaram necróticas. Os sintomas apareciam a partir das fôlhas mais velhas, ligadas à haste, e coincidem perfeitamente com os descritos na literatura. O desenvolvimento das raízes foi mau.

3.6—DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO

Na solução nutritiva sem magnésio, as plantas tiveram desenvolvimento normal durante muito tempo. O primeiro sintoma observado foi uma clorose irregular no limbo das fôlhas inferiores, ligadas à haste (est. 3-B). Quando essa clorose se tornava mais avançada, as fôlhas se desprendiam da planta. Êsses sintomas progrediram a partir das fôlhas inferiores para as mais novas. Ao terminar o ensaio, catorze meses após a omissão do magnésio da solução nutritiva, as plantas haviam já perdido tôdas as fôlhas ligadas à haste e bases dos galhos, restando nelas apenas as mais novas, ponteiras. Na estampa 11 reproduzimos a clorose proveniente da deficiência dêsse elemento, observada em fôlhas adultas.

3.7—DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO

Após a transferência dos cafeeiros para a solução sem cálcio, o desenvolvimento das plantas ficou praticamente paralisado. Poucas semanas após, o brôto terminal mostrava-se pardacento, morrendo logo em seguida (est. 10-A). As fôlhas curvaram-se para baixo formando ângulo agudo em relação ao caule (est. 4-A). Provavelmente, isto se dá devido à formação insuficiente de pectato de cálcio, que é o principal elemento de sustentação dos pecíolos.



A — Plantas da série sem potássio, fotografadas 9 meses após a omissão desse elemento. Notar o fraco desenvolvimento das raízes. B — Plantas da série sem magnésio, mostrando a queda das folhas mais velhas do tronco e bases dos ramos, fotografadas 9 meses após a omissão desse elemento.



Série sem cálcio: A — sintomas típicos da deficiência deste elemento. Notar a morte do broto terminal e o arqueamento das folhas. B — Estado final da deficiência. Fotografias tomadas, respectivamente, 4 e 10 meses após a omissão daquele elemento.

As pontas das raízes morreram logo no início do aparecimento dos sintomas. A seguir, manifestou-se nas folhas mais novas uma clorose, mais intensa nas margens, e que aos poucos progredia, tomando todo o limbo. À medida que progredia, transformava-se numa coloração pardo-cobreada (est. 10-B e C).

As folhas mais velhas foram as últimas a exibir os sintomas acima descritos.

A morte das raízes progredia também paralelamente. Por fim, toda a planta morria, sem, entretanto, soltar as folhas (est. 4-B).

3.8—DEFICIÊNCIA DE ENXÔFRE

Cinco meses após a omissão do enxôfre da solução nutritiva, as plantas mostravam leve clorose nas folhas mais novas (est. 5-A). Aconteceu, entretanto, que, por uma inadvertência, ao se colocar ferro na solução, como de costume, empregou-se o sulfato ferroso. A isto as plantas reagiram com o desaparecimento da clorose em poucos dias.

Omitido, logo a seguir, o enxôfre da composição da solução nutritiva, as plantas voltaram novamente, mais tarde, a exibir o sintoma característico da deficiência, que é uma clorose típica amarelo-citrina, nas folhas mais novas. Estas, porém, se conservaram túrgidas e com o brilho característico de folhas jovens (est. 8-C).

O desenvolvimento das plantas foi praticamente normal até se dar o ensaio por terminado, catorze meses após a omissão dos elementos em estudo.

3.9—DEFICIÊNCIA DE FERRO

O ferro é um elemento cujo sintoma de deficiência é dos mais constantes entre as plantas. Também no cafeeiro os sintomas foram os geralmente conhecidos nas outras espécies. As folhas apresentaram uma clorose no parênquima, permanecendo, entretanto, as nervuras bem verdes (est. 7-C). Apenas as partes das plantas que cresceram após a transferência para a solução sem ferro é que mostravam sintomas de deficiência daquele elemento. As partes que haviam crescido na solução completa inicial continuaram com aspecto normal, já que o ferro não se transloca com facilidade entre os tecidos das plantas. O desenvolvimento das plantas foi também praticamente normal (est. 5-B).

4—RESUMO E CONCLUSÕES

Foram estudados, em soluções nutritivas, os sintomas manifestados pelo cafeeiro quando há deficiência dos seguintes elementos: N, P, K, Ca, Mg, S e Fe. As plantas testemunhas vegetaram sempre em solução nutritiva completa, enquanto as outras, após serem cultivadas durante várias semanas naquela solução, foram transferidas para soluções deficientes em cada um dos elementos em estudo. Obteve-se, assim, o quadro sintomatológico das deficiências dos elementos minerais acima citados.

A eliminação do fósforo da solução nutritiva provocou o aparecimento, após poucas semanas, dos sintomas característicos dessa deficiência, em oposição aos resultados de Jacob (6, 7), que não obteve tais sintomas cultivando o cafeeiro durante vários meses em solução nutritiva sem fósforo. A causa dessa divergência nos resultados deve estar na diferença das soluções empregadas.

O cafeeiro absorve dificilmente o ferro de soluções nutritivas quando o pH destas está acima de 5,5, manifestando-se então a característica clorose do parênquima folhar. A fim de facilitar a absorção daquele elemento, as plantas foram, quando necessário, colocadas em solução sem fosfatos durante vários dias, ao se proceder a substituição regular das soluções. Somente após esse interregno é que se adicionou o fosfato às soluções que o deveriam conter.

As fotografias e estampas coloridas ilustram os resultados obtidos.

SUMMARY

Coffee plants (*Coffea arabica* L.) were grown in nutrient solutions for the purpose of studying deficiency symptoms of the following elements: nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sulphur and iron.

The methods employed in the growing of coffee plants in the nutrient solutions are described. After preliminary tests with several nutrient solutions Hoagland's formula was selected as most suitable for the present tests. However, the quantity of phosphate employed in the basic nutrient solution was reduced to one third of that given in Hoagland's formula. This reduction in phosphate was made because of the previous results obtained by Jacob which seemed to indicate that the coffee plant requires only very small amounts of phosphorus.

In the present tests phosphorus deficiency symptoms were obtained and these results suggest that Jacob's failure to obtain phosphorus deficiency symptoms may be ascribed to use of Shive's solution, which has a very high phosphate content. While growing in this complete nutrient solution his plants may have stored enough phosphorus to supply their needs later when they were transferred to the solution lacking this element.

In the course of the present investigation it was found that in the nutrient solutions containing KH_2PO_4 and having a pH higher than 5.5, the coffee plant absorbs insufficient iron. This difficulty of iron absorption by the coffee plants grown in nutrient solution was overcome by a technique previously described that is, when iron deficiency symptoms appeared on plants being tested for other deficiencies the nutrient solution was changed and the new solution used contained no phosphate. The plants were allowed to grow in this solution for two to four days and then the phosphate was added. In this way the plants absorbed sufficient iron for their requirements.

The present paper describes and the color plates illustrate the symptoms on coffee plants that were associated, in the present studies, with nutrient solutions deficient in the various elements listed.

LITERATURA CITADA

1. Camargo, T. A. Influência da relação K/N sobre o desenvolvimento do cafeeiro durante o primeiro período de vegetação. Bol. Téc. do Instituto Agrônomo de Campinas 5: 1-5. 1937.
2. Camargo, T. A., R. Bolliger e P. C. Melo. Sobre a influência da concentração em íons hidrogênio do meio de cultura sobre o desenvolvimento do cafeeiro. (*Coffea arabica* L.). Bol. Téc. do Instituto Agrônomo de Campinas 3: 1-5. 1935.



A — Plantas da série sem enxôfre, fotografadas 5 meses após a omissão desse elemento.
B — Plantas da série sem ferro, 9 meses após a omissão desse elemento.



Plantas da série sem azoto, fotografadas 10 meses após a omissão desse elemento.

3. **Franco, C. M. and W. E. Loomis.** The absorption of phosphorus and iron from nutrient solutions *Pl. Phys.* **22** : 627-634. 1947.
4. **Hoagland, D. R. and D. I. Arnon.** The water-culture method for growing plants without soil. *Cir. Univ. of Calif. Agr. Exp. Sta.* **347** : 1-39. 1938.
5. **Hoagland, D. R. and T. C. Broyer.** Hydrogen ion effects and the accumulation of salt by barley roots as influenced by metabolism. *Amer. Jour. Bot.* **27** : 173-185. 1940.
6. **Jacob, J. C.** Voorloopige mededeeling over watercultures met koffie. *De Bergecultures* **10** : 1645-1651. 1936.
7. **Jacob, J. C.** Voedingsphysiologische Onderzoekingen Bij *Coffea arabica* L. *Archief voor de Koffiecultuur* **12** : 1-48. 1948.
8. **Niklas, H. und W. Schropp.** Ueber einige Duengungsversuche zu sub-tropischen und tropischen Nutzpflanzen unter besonderer Beruecksichtigung der Phosphorsaeure-duengung. *Der Tropenpflanzer* **34** : 269-277. 1931.
9. **Shive, J. W.** A study of physiological balance in nutrient media. *Physiol. Res.* **1** : 327-397. 1915.
10. **Tanada, T.** Utilization of nitrates by the coffee plant under different sunlight intensities. *Jour. Agric. Res.* **72** : 245-258. 1946.



A — Folha de uma planta da série que vegetou em solução nutritiva completa. B — Deficiência de azoto. C — Deficiência de ferro.



A e B — Deficiência de fósforo. C — Deficiência de enxofre.



Sintomas progressivos da deficiência de potássio.



Deficiência de cálcio: A — Morte do brôto terminal; B — clorose inicial; C — estado avançado da deficiência.



Deficiência de magnésio.

DOSAGEM DO POTÁSSIO E SÓDIO PELO "FOTÔMETRO DE CHAMA" -- SUA APLICAÇÃO EM ANÁLISE DE SOLO (1)

R. A. CATANI e J. E. DE PAIVA NETO, *engenheiros agrônomos, Secção de Agrogeologia, Instituto Agrônômico de Campinas*

1—INTRODUÇÃO

A dosagem do potássio e sódio tem merecido ampla investigação, pela importância que esses dois elementos apresentam em muitos fenômenos biológicos.

O potássio, por exemplo, elemento imprescindível à vida vegetal, encontra-se nos solos sob a forma trocável, em teores muito baixos, exigindo, para sua dosagem, métodos precisos e sensíveis, como o do cobaltí-hexanitrito. Este método, aplicado em condições adequadas, permite dosar, com segurança, até 0,01 equivalente-miligramma de potássio em 2 ml de solução, consoante já foi descrito (3).

Entretanto, como em nossos solos o teor deste íon é muito baixo, somos obrigados a concentrar a solução, após a extração. De acordo com o que já tivemos oportunidade de esclarecer em outro trabalho (4), somente depois de eliminar a matéria orgânica, sais amoniacais, etc., e de filtrar e concentrar novamente, é que procedemos à precipitação, para depois efetuar a determinação.

Com esse método de trabalho, o rendimento máximo que se pode obter é de oito a doze análises por dia.

A dosagem do potássio em rochas constitui, também, um problema bastante difícil, porque, após a fluorização da rocha em meio sulfúrico, a solução obtida é muito rica em ferro, alumínio, etc., o que pode prejudicar a marcha analítica. Surge, então, a necessidade de eliminar aqueles elementos, assim como o excesso de ácido sulfúrico que permanece em solução.

Quanto ao sódio, os que já tiveram oportunidade de dosá-lo, sabem muito bem da morosidade dos métodos usados, quer aplicados em solos, quer em rochas e outros materiais. O método químico mais indicado para a sua dosagem é o do acetato de zinco e de uranila de Barber e Kolthoff, conforme citam Kolthoff e Sandell (6). Para precipitar o sódio, na forma de acetato triplo de sódio, zinco e uranila, é necessário eliminar os sulfatos com cloreto de bário, o excesso de bário com carbonato de amônio, o ferro, alumínio e fosfatos com hidróxido de amônio e, por último, os sais de amônio. Depois de toda esta marcha analítica, o que já prejudica, em parte, a precisão da análise, é necessário filtrar o precipitado de acetato triplo em cadinho filtrante de vidro sinterizado, lavar com o reativo precipitante (acetato

1. Trabalho apresentado à Segunda Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada no Instituto Agrônômico de Campinas, de 11 a 22 de julho de 1949.

de zinco e uranila em ácido acético), lavar com álcool saturado de acetato triplo e, finalmente, lavar com éter sulfúrico, para depois secar ao ar e efetuar a pesagem.

Apesar da elevada sensibilidade dêste método gravimétrico, pois 1 mg de sódio origina, aproximadamente, 66,9 mg de precipitado, a sua eficácia torna-se secundária, quando comparado ao método da fotometria de chama.

2—MÉTODO DA FOTOMETRIA DE CHAMA

A espectrografia de chama foi iniciada por Lundegardh, conforme citam Criggs e outros (5), antes de 1929. Esse autor usou, como fonte excitadora, uma chama proveniente de mistura de acetilênio e ar, sobre a qual era feita a aspersão da solução que continha os elementos a dosar. Observando a constância de certas condições, como pressão de ar, pressão do acetilênio e outras, a intensidade das raia emitidas pelos íons e acusadas pelos espectrogramas, apresentou uma correlação com as concentrações daqueles íons nas soluções, permitindo estabelecer um método de dosagem muito cômodo e com apreciável exatidão. Ainda hoje se emprega o método indicado por Lundegardh, conforme Mitchell (7), para a dosagem de potássio, cálcio, magnésio, manganês, cobalto e outros, em solos e plantas. A técnica empregada é a mesma, modificada na parte que se refere às medidas das densidades das linhas nos espectrogramas.

Em 1935, Vansen e colaboradores, de acordo com a citação de Barnes (2) e outros, usando um monocrômador para isolar a região desejada do espectro e uma célula fotoelétrica, conseguiram determinar, com sucesso, os metais alcalinos e alcalino-terrosos.

Assim, de acordo com Barnes e colaboradores (2), uma técnica mais simples foi descrita, por Schuhknecht, para a dosagem do potássio, permitindo que as firmas Siemens e Zeiss fabricassem aparelhos destinados a dosar aquele elemento em solos, fertilizantes e plantas.

Em 1945, a "Perkin-Elmer Corporation" produziu um tipo de fotômetro de chama, que recebeu a designação "Model 18, Perkin-Elmer Flame Photometer", e que, em linhas gerais, obedece ao desenho de Barnes e colaboradores (2).

3—RESULTADOS OBTIDOS

Trabalhando com ultragás (propano) como fonte de energia, e com o Modelo 18, obtivemos, para o potássio, os dados que estão resumidos na figura 1.

Conforme vemos, entre as normalidades de 10^{-4} a 10^{-3} , as leituras são proporcionais às concentrações em potássio, sendo o fenômeno interpretado pela reta A da figura 1. Quando a solução apresentar uma concentração superior a 0,001 Normal, a relação entre as leituras e a concentração, em potássio, não é mais uma reta, mas, sim, curvas, conforme B e C da figura 1.

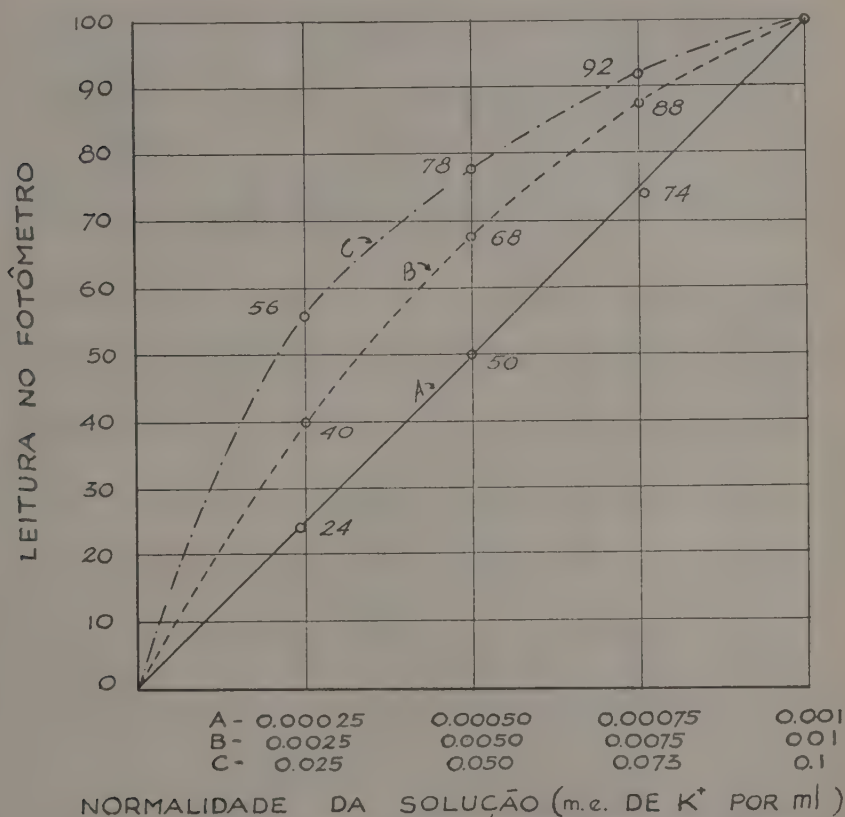


FIGURA 1.—Curvas do potássio obtidas no fotômetro de chama Perkin-Elmer, modelo 18, mostrando as relações entre as leituras e as normalidades da solução em potássio. A—Reta indicando valores proporcionais entre as normalidades de 10^{-4} e 10^{-3} e as leituras no fotômetro. B e C—Curvas indicando valores não proporcionais para normalidades superiores a 10^{-3} .

A sensibilidade que conseguimos obter, usando o ultragás e ar à pressão de 13-14 libras por polegada quadrada, permitia dosar o potássio em soluções com concentrações cuja normalidade em K^+ deveria ser de, no mínimo, 2×10^{-4} , para que os dados obtidos merecessem confiança, o que nos obrigou, em muitos casos, a concentrar a solução, para depois conduzir a determinação.

Em 1948, a "Perkin-Elmer Corporation" lançou no mercado o "Fotômetro de Chama Modelo 52-A", mais sensível e mais preciso que o anterior, que permite realizar dosagens mais rápidas e mais seguras.

Este novo tipo, mais aperfeiçoado, é também de construção relativamente simples, conforme esclarece o catálogo (1).

Trabalhando pelo método da intensidade direta, obtivemos os dados das figuras 2 e 3, que traduzem a sensibilidade e a precisão do aparelho em questão, Modelo 52-A.

Devemos mencionar que as condições de trabalho foram as seguintes: combustível, ultragás; pressão do ar, de 5 a 10 libras por polegada quadrada, controlada por regulador de pressão.

Nessas condições é que obtivemos os dados das figuras 2 e 3, nas quais, no eixo das abscissas, estão representadas as normalidades das soluções em K^+ e Na^+ , respectivamente, e, no eixo das ordenadas, as leituras.

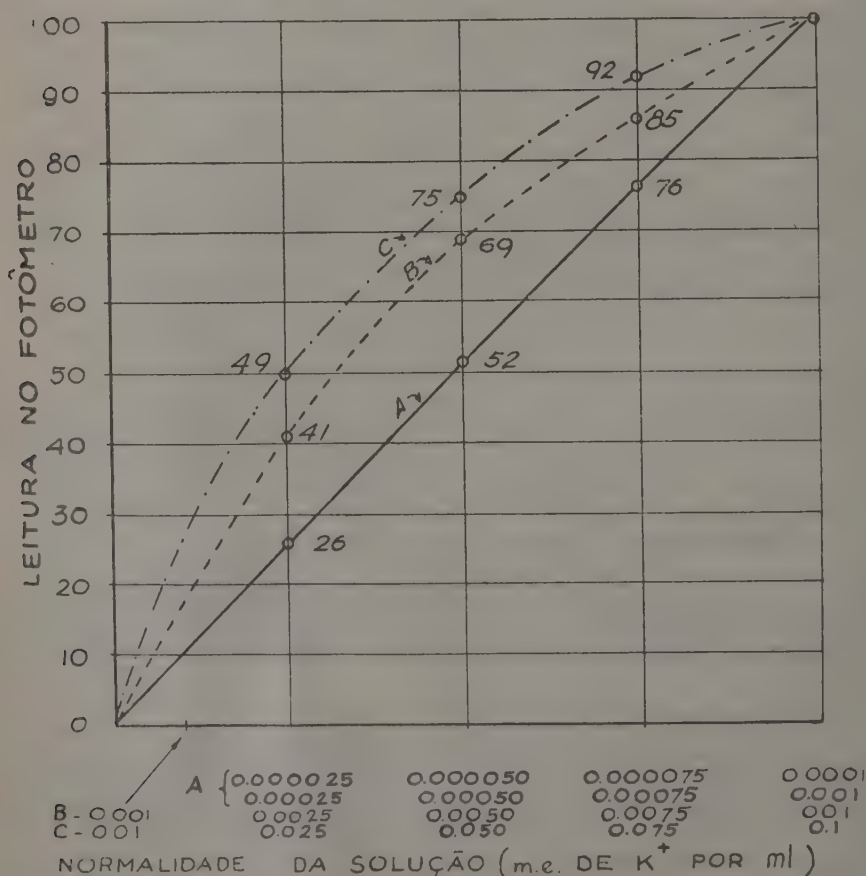


FIGURA 2.—Curvas do potássio obtidas no fotômetro de chama Perkin-Elmer, modelo 52-A, representando as relações entre as leituras e as normalidades de potássio. A—Reta para normalidades entre 10^{-6} e 10^{-3} , indicando leituras proporcionais às concentrações. B e C—Curvas para concentrações superiores a 0,001 N, mostrando valores não proporcionais.

Como vemos, podemos dosar o potássio em soluções desde 0,00001 N (que corresponde a 0,39 ppm de K) até 0,001 N (que corresponde a 39 ppm), por meio da reta *A* da figura 2. As soluções cujas concentrações estão compreendidas entre 10^{-5} a 10^{-3} N fornecem leituras proporcionais às concentrações. Quando a concentração fôr superior a 0,001 N, devemos usar as curvas *B* e *C*, da figura 2.

A sensibilidade para o sódio não foi tão elevada como no caso do potássio. Mesmo assim, os dados obtidos, e apresentados na figura 3, revelam tratar-se de um método de grande alcance.

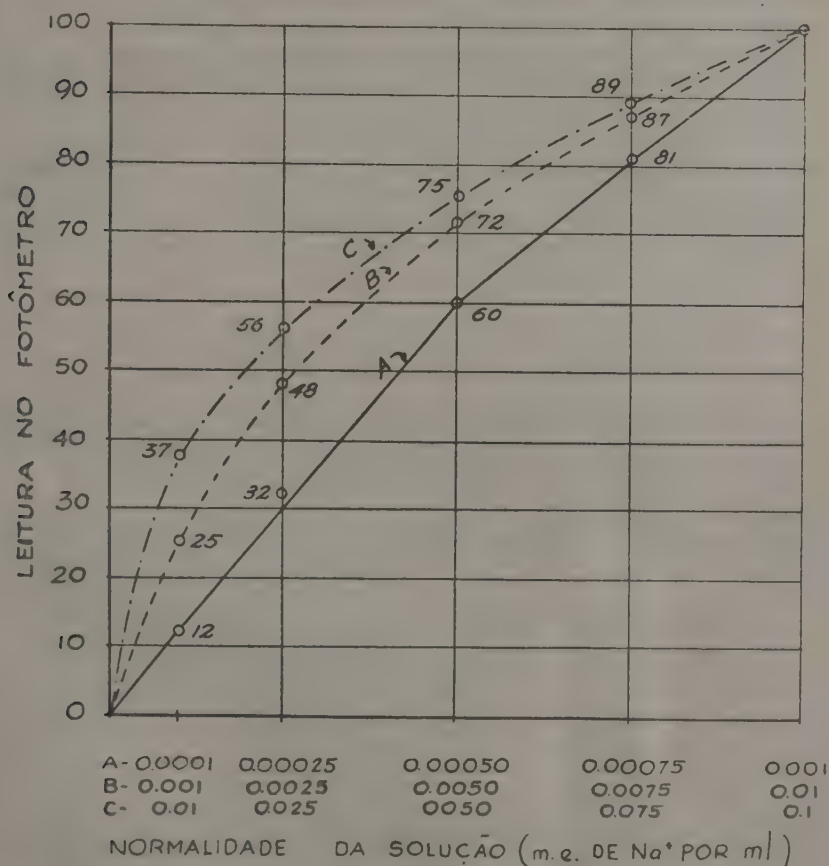


FIGURA 3.—Curvas do sódio obtidas no fotômetro de chama Perkin-Elmer, modelo 52-A, representando as correspondências entre as leituras e as normalidades da solução em sódio. A — Curva (dois segmentos de reta) indicando a relação entre as normalidades 10^{-4} e 10^{-3} e as leituras. B e C — Curvas indicando a relação entre as normalidades 10^{-3} e 10^{-1} e as leituras.

Para o caso do potássio, em particular, estudamos a possível influência que poderiam ter os cations Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{+++} e Fe^{+++} , que se apresentam em concentrações mais elevadas nas soluções de solo.

Assim, verificamos que a determinação do potássio não é afetada quando a concentração em K^+ fôr equivalente à expressa por uma solução 0,000375 N, em K^+ , e, a do cálcio, 0,02 N, isto é, quando temos 20 equivalentes-miligramas de cálcio por litro de solução (400 ppm de Ca^{++}), em presença de 0,375 equivalentes-miligramas de potássio por litro de solução (14,6 ppm de K^+).

O cation Mg^{++} não afeta a determinação do potássio, quando sua concentração fôr da ordem de 0,01 N e o potássio 0,000375 N.

O cation Al^{+++} também não altera os dados do potássio em soluções 0,06 N em Al^{+++} e 0,000375 N em K^+ e mesmo em soluções 0,00015 N em K^+ . É evidente que as concentrações dos cations Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} , citadas anteriormente, que não prejudicam a dosagem do potássio, não constituem os limites superiores, mas, sim, os que foram por nós estudados.

Quanto ao cation Fe^{+++} , soluções 0,03 N em Fe^{+++} já produzem um desvio positivo de 8 a 10% em soluções 0,000375 N em potássio. Como os dados que temos obtido não têm sido concordantes, resolvemos deixar este assunto para ulteriores estudos.

4—COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS PELOS MÉTODOS DO FOTÔMETRO E DO COBALTI-HEXANITRITO

A fim de verificar a precisão das determinações feitas pelo Fotômetro de Chama em soluções de solo, procuramos compará-las com o método de cobalti-hexanitrito (3). Os dados obtidos são os do quadro 1.

QUADRO 1.—Teores de potássio, em amostras de solo, determinados pelo método de cobalti-hexanitrito e pelo fotômetro de chama, em soluções de solo, ácida e neutralizada pelo CaCO_3 . Dados em equivalentes-miligramas de K^+ por 100 g de solo

Número da amostra de solo	Determinações		
	Método cobalti-hexanitrito	Método do fotômetro de chama	
		solução ácida	solução neutralizada
	<i>m. e.</i>	<i>m. e.</i>	<i>m. e.</i>
214 a	0,16	0,15	0,15
256 a	0,05	0,06	0,06
300 a	0,18	0,20	0,20
302 a	0,11	0,13	0,13
334 a	0,17	0,18	0,17
335 a	0,10	0,09	0,09
411 a	0,31	0,31	0,31
412 a	0,11	0,12	0,12
420 a	0,50	0,55	0,52
247 a	0,09	0,10	0,10

Na primeira coluna do quadro 1, estão representados os números das amostras; na segunda, o teor em potássio em equivalente-miligrama por 100 gramas de solo, de acordo com o método do cobalti-hexanitrito; na terceira, o teor, segundo o Fotômetro de Chama, dosado diretamente sobre a solução de solo (extração com HNO_3 0,05 N), e, na última, o teor em potássio na solução de HNO_3 0,05 N, após terem sido tratados 50 ml com 150 mg de CaCO_3 , para neutralizar.

Como vemos, o teor em K^+ variou de 0,05 a 0,5 equivalentes-miligramas por 100 gramas de solo, e, pelos dados da quarta coluna, observamos que não houve influência do cálcio, adicionado na proporção de 3 equivalentes-miligramas (150 mg CaCO_3), para 0,0025 a 0,025 m. e. de potássio (número de equivalentes-miligramas contidos nos 50 ml da solução de solo obtida tratando-se 10 g de solo com 100 ml de solução de HNO_3 , 0,05 N).

De um modo geral, os dados obtidos são concordes com os fornecidos pelo método do cobalti-hexanitrito, o que vem demonstrar a precisão e sensibilidade da fotometria de chama, além de esclarecer que os cations normalmente presentes na solução de solo não afetam a determinação do potássio.

5 - APLICAÇÃO DA FOTOMETRIA DE CHAMA EM ANÁLISE DE SOLO

Assim, com os dados que obtivemos, podemos formular indicações de caráter geral, para a dosagem do potássio trocável em solos do Estado de São Paulo.

Obtida a solução de solo (10 g de solo tratados por 100 ml de HNO_3 0,05 N), neutralizamos com NH_4OH (1+1), usando fenoltaleína como indicador. Evitamos, assim, a ação corrosiva do HNO_3 no aparelho. A seguir, transferimos a solução neutralizada para o funil receptor do fotômetro de chama, após tê-lo regulado para uma leitura 100 com solução 0,0005 N ou 0,0002 N em K^+ .

A leitura fornecida pela "solução-problema" representa uma percentagem da normalidade da solução usada como referência.

Trabalhando desta maneira, é possível executar cinquenta a sessenta análises de sódio e potássio por dia.

Baseados nas observações realizadas, tiramos as seguintes conclusões:

a) A dosagem de potássio e sódio, feita pelo Fotômetro de Chama, e trabalhando pelo método da intensidade direta, usando ultragás como combustível, é sensível, precisa e rápida.

b) A sensibilidade do método em questão pode alcançar, para o potássio, soluções 0,0001 N e, para o sódio, 0,0002 N, obtendo-se uma leitura igual a 100 no fotômetro.

c) A precisão da fotometria de chama com o Fotômetro de Chama Modelo 52-A, de Perkin-Elmer, foi comprovada pelo método do cobalti-

-hexanitrito, verificando-se que não há discrepâncias entre os resultados obtidos.

d) O rendimento que se pode obter com o Fotômetro de Chama é variável, chegando-se a executar cinquenta a sessenta determinações por dia, com grande economia de drogas, enquanto que, com o processo do cobalti-hexanitrito, não se efetuam mais do que oito a doze determinações por dia.

6—RESUMO

A determinação do potássio no solo exige processos químicos sensíveis e precisos, dado o baixo teor em que, no geral, se encontra esse íon. A dosagem desse elemento, bem como a do sódio, pelos processos comuns, são bastante morosas. Por esse motivo, resolveu-se estudar a aplicação, para os nossos solos, do método rápido da Fotometria de Chama, já em uso em outros países de clima e solos diferentes, na dosagem do potássio e sódio "trocáveis".

As determinações foram, a princípio, realizadas com o Fotômetro de Chama Perkin-Elmer, modelo 18, e, posteriormente, com o modelo 52-A.

Os dados obtidos permitiram formular indicações de caráter geral para a dosagem do potássio "trocável" nos solos do Estado de São Paulo.

Em linhas gerais, o método adotado nas determinações do potássio consiste no seguinte: Após a extração dos cations com uma solução 0,05 N de HNO_3 , a solução do solo é neutralizada com NH_4OH . A seguir é levada ao fotômetro, para a dosagem do potássio, pelo processo da leitura direta da intensidade das radiações emitidas pelo elemento em análise. Como fonte de energia foi usado o ultragás (propano), misturado com ar, à pressão de 6 a 7 libras por polegada quadrada. Com relação ao potássio, o aparelho permite dosá-lo em soluções desde 0,00001 N em K^+ (0,39 ppm de K) até 0,001 N (39 ppm de K). Nesses limites, as leituras são proporcionais às concentrações, e são representadas por uma reta.

Foram também estudadas as interferências dos elementos Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{+++} e Fe^{+++} nas determinações do potássio. Verificou-se que esses íons, nas concentrações em que usualmente se encontram nas soluções de solo, não interferem na dosagem do potássio.

Para verificar a precisão das determinações de potássio pelo Fotômetro de Chama, foram elas aferidas pelo método do cobalti-hexanitrito. De um modo geral, os resultados obtidos em ambos os métodos foram bastante concordantes, confirmando a precisão e a sensibilidade da Fotometria de Chama.

Conseguiu-se, por esse método, realizar cinquenta a sessenta determinações diárias do potássio, ao passo que, pelo método do cobalti-hexanitrito, não se consegue realizar mais do que oito dessas determinações por dia, o que mostra a eficiência do Fotômetro de Chama.

SUMMARY

The determination of small amounts of potassium ions in soils requires sensitive and precise chemical methods. Measurements of potassium and sodium by the chemical methods are time consuming. The flame photometer method of measuring these ions is more rapid and has proved reliable for soils under temperate environmental conditions. It was the purpose of this study to determine whether the rapid flame photometer method of measurement of exchangeable potassium and sodium could be used effectively and with accuracy on soils in São Paulo.

The first results, in the experiments undertaken, were obtained using the Perkin-Elmer flame photometer Model 18; subsequently the newer model 52-A was employed.

The data obtained from the tests have been found to give a general indication for determining exchangeable potassium in the soils of the State of São Paulo. The following method of treatment of soil samples was found to give the most reliable results. After extraction of the cations with a solution of HNO_3 0.05 N, the soil solution was neutralized with NH_4OH . This solution was then placed in the photometer in order to measure the amount of potassium by means of reading directly the intensity of radiations emitted by this element. Ultragas (propane) mixed with air and at a pressure of 6 to 7 pounds per square inch was used as a source of energy.

The apparatus used in these tests permitted determination of potassium in solution from 0.00001 N of K^+ (0.39 ppm of K) to 0.001 N (39 ppm of K). Within these limits the readings were proportional to the concentrations and can be represented by a straight line.

A study was also made of the interference of the elements Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{+++} and Fe^{+++} and it was found that these ions, in the concentration in which they usually exist in the soil solutions, did not interfere with the determination of potassium.

In order to verify the accuracy of the determinations of potassium by the flame photometer, the method of cobalti-hexanitrite was employed using comparable soil samples. In general the results obtained by both methods were the same, thus confirming the accuracy and sensitivity of the flame photometer. This latter method has a great advantage in that it is possible to make 50 to 60 determinations of potassium in one day whereas the cobalti-hexanitrite method is more laborious and allows analyses of only about 8 samples per day.

LITERATURA CITADA

1. Anônimo. *Em* Instruction Manual, Flame Photometer model 52-A. The Perkin-Elmer Corporation, pág. 1-27, Glenbrook, Connecticut. 1948.
2. Barnes, B. R., D. Richardson, J. W. Berry and R. L. Hood. *Flame Photometry*. J. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 17 : 605-611. 1945.
3. Catani, R. A. Semimicro dosagem do potássio. *Anais. Ass. Quím. Bras.* 3 : 131-138. 1944.
4. Catani, R. A. e A. Küpper. Algumas características dos solos do Estado de São Paulo e sua interpretação analítica. *Bragantia* 6 : 147-164. 1946.
5. Criggs, M. A., R. Johnston and E. Elledge. *Mineral Analysis of biological materials*. J. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 13 : 99-101. 1941.
6. Kolthoff, I. M. and E. B. Sandell. *Em* Text-Book of Quantitative Inorganic Analysis, pág. 416-418, Revised edition, Mac Millan, New York. 1943.
7. Mitchell, R. L. Applications of Spectrographic Analysis to Agricultural Problems. *Brit. Sci. News* 1 : 13-16. 1948.

AS FORMAS “TROCÁVEL” E “FIXA” DOS CATIONS K^+ , Ca^{++} E Mg^{++} NOS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1)

R. A. CATANI e A. KÜPPER, *engenheiros agrônomos, Secção de Agrogeologia, Instituto Agrônomo de Campinas*

1—INTRODUÇÃO

A caracterização química do solo pela sua análise é de muita importância, e a necessidade do seu emprêgo já ultrapassou o domínio da Pedologia, para se fazer sentir em muitos setores da Agricultura. Assim, a identificação química do solo, onde são efetuados os diversos tipos de ensaios, é de interesse na experimentação agrícola, a fim de estender os resultados obtidos a solos similares.

Os problemas da adubação e o da avaliação da fertilidade são, entretanto, os que mais necessitam da análise química do solo para a interpretação e solução das questões a êles relacionadas.

Os métodos de extração dos elementos químicos do solo podem ser reunidos em dois grandes grupos. O primeiro, onde podem ser incluídos todos os métodos em que as condições de tratamento do material são preestabelecidas, sem levar em conta as suas propriedades fundamentais; são os métodos convencionais. Êstes estabelecem, como ponto de partida, a natureza do reagente (HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , ácidos orgânicos, etc.), a sua concentração (em percentagem, molaridade, normalidade, etc.), o modo de atacar (a frio, em banho-maria, a fogo direto, etc.) e o tempo (desde minutos a dezenas de horas), sem se preocuparem com os fenômenos coloidais, de que o solo é sede, e com a posição, nos colóides, dos elementos a dosar. No segundo grupo se colocam os métodos que, na sua execução, consideram como questões básicas a relação existente entre os elementos a dosar e as características físico-químicas do solo. Êstes processos não são tão convencionais como os anteriores, porque, dentro de um limite mais ou menos amplo, os dados obtidos independem da natureza do reagente. Assim, pertencem a êste grupo os processos que extraem o teor “trocável” ou “permutável” dos cations, porque êsse teor constitui uma característica própria do solo. Esta característica poderá ser determinada por meio de muitas substâncias, sem que os resultados apresentem diferenças apreciáveis.

O presente trabalho procura esclarecer quais as formas de ocorrência do potássio, cálcio e magnésio nos solos subtropicais do Estado de S. Paulo e daí concluir sobre os melhores processos de extração daqueles elementos.

(1) Trabalho apresentado à Segunda Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada no Instituto Agrônomo de Campinas, de 11 a 22 de julho de 1949.

QUADRO I. — Características físico-químicas e mecânicas de amostras dos grandes tipos de solo do Estado de São Paulo

Amostras dos tipos de solo (1)	Areia grossa	Areia fina + limo	Argila	pH Inter-nacional	C Carbono	N Nitrogênio	S Soma das bases	T-S	Al+++	H+	V Índice de saturação
	%	%	%		%	%	m. e. %	m. e. %	m. e. %	m. e. %	%
MASSAPÉ-SALMOIRÃO											
T - 1790	29,3	53,5	17,2	5,69	0,70	0,080	2,38	4,5	0,6	3,9	37,3
T - 1800	40,7	44,6	14,7	6,60	1,24	0,110	7,77	2,8	Tr	2,8	73,5
T - 1830	39,0	49,0	12,0	6,39	2,06	0,222	1,11	7,4	Tr	7,4	13,0
GLACIAL											
P - 156a	31,4	52,3	16,3	4,62	1,17	0,070	0,65	10,2	2,0	8,2	6,0
P - 168a	72,5	17,1	10,4	4,76	0,96	0,098	0,54	6,0	0,5	5,5	8,3
P - 473a	25,0	36,7	38,3	4,62	1,75	0,126	1,13	16,2	4,0	12,2	6,5
TERRA-ROXA FÉRTIL											
A - 660	4,0	68,8	27,2	6,58	1,73	0,141	9,63	8,7	Tr	8,7	52,5
A - 661	4,0	69,3	26,7	6,76	1,59	0,124	8,94	7,9	Tr	7,9	53,1
A - 666	5,0	69,8	25,2	6,35	1,52	0,112	6,27	9,1	Tr	9,1	40,9
ARENITO BAURI											
T - 1905	52,6	40,1	7,3	6,37	0,62	0,050	7,21	4,1	Tr	4,1	63,7
T - 1915	60,8	34,4	4,8	6,45	0,50	0,028	2,45	2,9	Tr	2,9	45,8
T - 1970	62,0	34,7	3,3	6,25	0,56	0,018	2,80	2,4	Tr	2,4	53,8

(1) T = amostra superficial, P = perfil, A = amostra avulsa.

2—MATERIAL E MÉTODO

O material estudado é constituído de doze amostras, de quatro dos grandes tipos de solo do Estado de São Paulo.

a) Amostras T⁽¹⁾—1790, T—1800, e T—1830, representando o solo tipo **massapé-salmourão**, originário de gnaís, granitos, xistos, etc.; são solos que ainda apresentam quantidades variáveis de micas.

b) Amostras P⁽²⁾—156a, P—168a e P—475a, representando o solo tipo **glacial**, originário de rochas sedimentadas principalmente pela ação de geleiras; são solos de composição variável.

c) Amostras A⁽³⁾ — 660, A — 661 e A — 666, representando o solo tipo **terra-roxa legítima**, originário de rochas basálticas (diabase), da região de Ribeirão Preto.

d) Amostras T—1905, T—1915 e T—1970, representando o solo tipo **arenito Bauru**, originário de rocha sedimentar arenítica, característica.

As características físico-químicas e mecânicas gerais desses solos estudados são apresentadas no quadro 1, a fim de caracterizá-los.

Inicialmente, foi extraído o teor “trocável” com solução normal de acetato de amônio com pH=7, conforme o método proposto por Schollenberger e Simmon (6), e a extração foi conduzida por percolação, de acordo com o processo já descrito nos trabalhos da Seção de Agrogeologia do Instituto Agrônomo de Campinas (4). Cada amostra de 10 g foi submetida à extração, três vezes sucessivas, com 100 ml de solução de acetato de amônio, de cada vez, e as determinações do potássio, cálcio e magnésio foram executadas em cada fração de 100 ml.

A dosagem do potássio foi executada diretamente na solução obtida, pela Fotometria de Chama (2). A dosagem do cálcio, também na solução percolada, foi feita pelo método permanganométrico do ácido oxálico, procedente do oxalato de cálcio e, a do magnésio, pela titulação bromatométrica da 8-hidroxiquinolina (3), procedente do 8-hidroxiquinolato de magnésio.

3—RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados da análise química estão no quadro 2, no qual apresentamos os seguintes dados: na 1.^a coluna, o número da amostra; na 2.^a, 3.^a e 4.^a, os teores em potássio, em m.e. por 100 g de terra, extraídos pela primeira, segunda e terceira frações de 100 ml, respectivamente; na 5.^a, 6.^a e 7.^a, os teores em cálcio, também extraídos pela primeira, segunda e terceira frações da solução, respectivamente, e na 8.^a, 9.^a e 10.^a, os teores em magnésio.

Como vemos, os primeiros 100 ml da solução de acetato de amônio extraem, praticamente, todo o potássio e cálcio e, sendo essa extração promo-

(1) T = amostra superficial

(2) P = perfil

(3) A = amostra avulsa

vida pela troca de cations K^+ , Ca^{++} do solo pelo íon NH_4^+ da solução, os teores dosados traduzem, realmente, o "trocável".

O magnésio também foi extraído por troca de íons e, grande parte, pela primeira fração de 100 ml. Mas, em alguns casos, na segunda extração ainda encontramos magnésio. Tal fato parece indicar que êsse elemento, apesar de ocorrer na mesma forma "trocável" que o potássio e o cálcio, está mais fortemente ligado ao complexo coloidal, o que também tem sido admitido por outros autores (5).

QUADRO 2.—Teores de potássio, cálcio e magnésio, trocáveis, extraídos com acetato de amônio normal e com ácido nítrico 0,05 normal, em três extrações sucessivas, para os quatro grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. Dados em m. e. 100 g de "terra fina"

Amostras		K^+			Ca^{++}			Mg^{++}		
Tipos de solo	Número ⁽¹⁾	1. ^a extr.	2. ^a extr.	3. ^a extr.	1. ^a extr.	2. ^a extr.	3. ^a extr.	1. ^a extr.	2. ^a extr.	3. ^a extr.
		m. e.	m. e.	m. e.	m. e.	m. e.	m. e.	m. e.	m. e.	m. e.
EXTRAÇÃO COM SOLUÇÃO DE CH_3COONH_4 NORMAL — pH=7										
Massapé-salmourão	T-1790	0,17	Tr	Tr	2,05	Tr	Tr	0,50	0,25	Tr
	T-1800	0,21	Tr	Tr	6,89	Tr	Tr	0,91	Tr	Tr
	T-1830	0,30	0,01	Tr	9,84	Tr	Tr	1,06	0,19	Tr
Glacial	P-156a	0,16	0,02	Tr	0,16	Tr	Tr	0,14	n. d.	Tr
	P-168a	0,13	Tr	Tr	0,16	Tr	Tr	0,26	0,20	Tr
	P-475a	0,22	Tr	Tr	0,18	Tr	Tr	0,58	0,20	Tr
Terra-roxa	A-660	0,40	0,01	Tr	7,21	Tr	Tr	1,57	0,20	Tr
	A-661	0,40	0,02	Tr	6,47	Tr	Tr	1,03	Tr	Tr
	A-666	0,42	Tr	Tr	4,21	Tr	Tr	1,18	0,18	Tr
Arenito Bauru	T-1905	0,28	Tr	Tr	5,37	Tr	Tr	0,99	0,19	Tr
	T-1915	0,20	Tr	Tr	1,53	Tr	Tr	0,45	0,15	Tr
	T-1970	0,32	Tr	Tr	2,05	Tr	Tr	0,51	0,12	Tr
EXTRAÇÃO COM SOLUÇÃO DE HNO_3 0,05 N										
Massapé-salmourão	T-1790	0,19	0,01	Tr	1,76	0,12	Tr	0,40	0,11	0,32
	T-1800	0,25	0,04	0,01	6,73	0,14	Tr	0,72	0,20	0,22
	T-1830	0,37	0,03	0,01	9,70	0,18	Tr	0,95	0,14	0,21
Glacial	P-156a	0,17	0,01	Tr	0,23	Tr	Tr	0,17	Tr	Tr
	P-168a	0,14	Tr	Tr	0,18	Tr	Tr	0,18	Tr	Tr
	P-475a	0,22	Tr	Tr	0,40	Tr	Tr	0,51	Tr	Tr
Terra-roxa	A-660	0,38	0,01	0,01	7,81	0,19	Tr	1,41	0,42	0,19
	A-661	0,37	0,01	0,01	7,36	0,11	Tr	1,18	0,56	0,20
	A-666	0,40	0,01	0,01	4,73	0,12	Tr	1,10	0,24	0,26
Arenito Bauru	T-1905	0,28	0,01	0,01	5,94	0,20	0,15	0,93	Tr	Tr
	T-1915	0,20	0,02	0,01	1,81	0,13	0,13	0,36	Tr	Tr
	T-1970	0,31	0,02	0,02	1,94	0,19	0,08	0,47	Tr	Tr

(1) T = amostra superficial, P = perfil, A = amostra avulsa.

Em seguida, procuramos extrair os mesmos íons com a solução de HNO_3 0,05 N, de uso comum em nossos trabalhos, a fim de verificar qual a relação entre as duas extrações. Pesamos novamente a mesma série de amostras, passamos, através de cada uma, três porções de 100 ml da solução de HNO_3 0,05 N e dosamos, em cada fração de 100 ml, os íons K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} . Os resultados obtidos estão na segunda parte do quadro 2, onde a 2.^a, 3.^a, 4.^a, 5.^a, 6.^a, 7.^a, 8.^a, 9.^a e 10.^a colunas indicam as extrações de potássio, cálcio e magnésio, respectivamente, provenientes da primeira, segunda e terceira frações de 100 ml de HNO_3 0,05 N.

Esses dados esclarecem que a capacidade de extração do HNO_3 0,05 N é, praticamente, a mesma que a da solução normal de acetato de amônio, no que se refere ao potássio e cálcio, com exceção das amostras T — 1790, 1800 e 1830, nas quais houve, para o potássio, uma diferença em favor da extração ácida. Este fato é explicável pela presença de micas nas referidas amostras.

Quanto ao magnésio, a primeira extração promovida pelo HNO_3 0,05 N equivale, praticamente, à primeira da solução de acetato de amônio, tendo a segunda porção e, às vezes, a terceira, retirado aquele cation em pequenas quantidades.

A segunda e terceira frações, que ainda apresentaram magnésio, correspondem às amostras de solo tipo **massapê-salmourão** e **terra-roxa legítima**.

Depois de executadas as três extrações sucessivas, nas amostras em estudo, foram elas transferidas dos tubos de percolação para frascos Erlenmeyer, de 250 ml, e foram submetidas ao ataque de 75 ml de solução de HCl 5 N, durante duas horas, em banho-maria. Este ataque com solução de HCl 5 N, nas amostras já extraídas três vezes com solução de HNO_3 0,05 N, teve como finalidade verificar se as mesmas apresentavam ainda aqueles cations, em quantidade suscetível de ser dosada. Após ter sido feito o ataque, a solução foi filtrada. No filtrado foram eliminados o ferro, o alumínio, etc., e depois foram dosados o K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , obtendo-se os dados que constam no quadro 3.

Como vemos, o teor em cálcio extraído com a solução de HCl 5 N, foi, em geral, muito baixo, ao passo que os teores em potássio e magnésio foram elevados.

Os teores em potássio e magnésio, tão elevados nas três primeiras amostras, encontram explicação na presença de quantidades relativamente grandes de minerais primários (micas) daqueles elementos, nas citadas amostras.

Nas amostras restantes, talvez sejam outras as razões que irão explicar os teores relativamente altos naqueles elementos.

Conforme os dados dos quadros 2 e 3, vemos que o potássio e o magnésio, além da forma "trocável", se apresentam em nossos solos, em regiões mais internas das partículas coloidais, onde permanecem fixados, não sendo, portanto, suscetíveis de trocas com outros cations, inclusive o H^+ .

QUADRO 3.—Teores de potássio, cálcio e magnésio, extraídos com solução 5 N de HCl a quente, durante duas horas, em amostras dos principais tipos de solo do Estado de São Paulo, nas quais os teores trocáveis já haviam sido extraídos com solução 0,05 N de HNO_3 , e percentagens destes teores trocáveis, calculados sobre a soma de teores trocáveis e o teor extraído com ácido clorídrico 5 N

Amostras		K^+		Ca^{++}		Mg^{++}	
Tipos de solo	Número	Extração c/ HCl ⁽¹⁾	Forma tro- cável ⁽²⁾	Extração c/ HCl	Forma trocável	Extração c/ HCl	Forma trocável
		<i>m. e.</i> ⁽³⁾	%	<i>m. e.</i>	%	<i>m. e.</i>	%
Massapé- salmourão	T-1790	5,38	3,4	0,18	90,7	10,75	3,5
	T-1800	16,50	6,1	0,64	91,3	32,57	2,1
	T-1830	11,12	9,0	0,71	93,1	29,27	3,1
Glacial	P-156a	0,31	35,4	0,33	41,0	0,79	17,7
	P-168a	0,25	35,8	0,21	46,1	0,59	23,3
	P-475a	0,30	42,3	0,61	39,6	0,97	34,4
Terra-roxa	A-660	0,34	52,7	0,29	96,4	1,85	43,2
	A-661	0,31	54,4	0,24	96,8	1,53	43,5
	A-666	0,29	57,9	0,34	93,3	1,29	46,0
Arenito Bauru	T-1905	0,45	38,3	Tr	100,0	1,60	36,7
	T-1915	0,69	22,4	Tr	100,0	2,20	14,0
	T-1970	0,74	29,5	Tr	100,0	1,96	19,3

(1) Após uma extração com HNO_3 0,05 N.

(2) Percentagem da extração da forma trocável, com os primeiros 100 ml de HNO_3 0,05 N, calculada sobre a soma desta com a da extração com HCl 5 N

(3) Milli-equivalentes em 100 gramas de "terra-fina".

Este aspecto do problema é muito interessante e já tem sido verificado em outros países, em tipos de solos completamente diferentes dos nossos (1, 5).

A existência dos cations em estudo, na forma trocável e fixa, sob o aspecto quantitativo, poderá ser apreciada de um modo mais fácil, se examinada percentualmente, no mesmo quadro 3.

Neste quadro apresentamos, percentualmente, o quociente: extração com os primeiros 100 ml de HNO_3 0,05 N sobre extração com os mesmos 100 ml HNO_3 0,05 N mais extração com HCl 5 N. De acordo com o quadro 3, enquanto o cálcio se apresenta quase que somente na forma "trocável" no solo, com exceção das amostras 156A, 168A e 475A, onde o teor muito baixo prejudica a apreciação, o potássio e o magnésio "trocável" ocorrem em percentagens bem menores, desde 2-9%, nas amostras tipo **massapé-salmourão**, a 40-60%, no tipo **terra-roxa legítima**.

Vemos, então, que, em nossos principais tipos de solo, os íons potássio e magnésio podem ocorrer na forma "trocável" e também numa forma

mais fixa, integrando a parte interna dos colóides, enquanto que o cálcio se apresenta, em geral, numa única forma, a "trocável".

Deduzimos, do que foi explanado, que os métodos convencionais, baseados em extrações com ácidos concentrados, fornecem indicações falhas quanto ao potássio e magnésio. Em relação ao cálcio, embora isso não ocorra, sabe-se que esses métodos determinam maior solubilidade de elementos como ferro, alumínio, manganês, titânio, etc., que prejudicam a dosagem do cálcio e, além disso, exigem maior tempo por unidade de análise, bem como maior quantidade de drogas.

4—RESUMO

O conhecimento das características químicas dos solos tropicais e subtropicais assume, dia a dia, maior importância, à medida que se desenvolve a nossa agricultura.

No presente trabalho foram examinadas amostras representativas de quatro dos principais tipos de solo do Estado de São Paulo, a saber : Massapé-salmourão, Glacial, Terra-roxa legítima e Arenito Bauru. Procurou-se determinar se os elementos potássio, cálcio e magnésio se acham na forma "trocável" e "não trocável", e em que proporções.

Primeiramente são apresentadas as propriedades físico-químicas e mecânicas das amostras dos solos, a fim de melhor caracterizá-las. A seguir, são dados os resultados obtidos sobre os teores "trocáveis" de potássio, cálcio e magnésio, extraídos do solo por dois processos químicos diferentes, isto é, com solução normal de acetato de amônio e com a solução 0,05 N de ácido nítrico. Os resultados obtidos por esses dois processos foram bastante concordantes. As mesmas amostras usadas para as dosagens da forma "trocável" desses elementos, por meio da solução 0,05 N de HNO_3 , foram depois tratadas com solução de HCl 5 N, a fim de se verificar se ainda encerravam os cations K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , na forma "não trocável". Observou-se que o teor de cálcio extraído por essa solução (HCl 5 N) é muito baixo, ao passo que os teores de potássio e magnésio foram elevados. Isto indica que o cálcio se encontra quase que somente na forma "trocável" (na parte mais externa dos colóides), ao passo que o potássio e o magnésio, além de se acharem na forma "trocável", também se encontram na forma "não trocável" (na parte mais interna dos colóides).

S U M M A R Y

A knowledge of the chemical characteristics of tropical and subtropical soils, is essential for the development of our agriculture. In the present study examinations were made on samples of the four principal soil types of the State of São Paulo. These types are : Massapé-salmourão, Glacial, Terra-roxa legítima and Arenito Bauru. Determinations were made of the proportional amounts of the mineral elements potassium, calcium and magnesium, that were in exchangeable and nonexchangeable forms.

A description is given of the physical-chemical and mechanical properties of the soils samples and data are presented on the amounts of "exchangeable" potassium, calcium and magnesium, obtained from the samples by two different chemical methods.

In one method of extraction normal solution of ammonium acetate was used and in the other a 0.05 N solution of nitric acid was employed and the results obtained from both methods of extraction were very similar.

The same samples that were treated with the 0.05 N nitric acid for determination of the "exchangeable" elements, were subsequently treated with 5N HCl solution in order to determine if there was still present K, Ca and Mg cations in a "fixed form". It was found that the amount of calcium extracted by the 5N HCl solution was very small but that the amounts of potassium and magnesium were high. This indicates that the calcium was present almost entirely in an exchangeable form, in the samples tested, whereas the potassium and magnesium were present not only in an exchangeable form but also in a fixed form.

LITERATURA CITADA

1. **Albrecht, W. A.** Potassium in the soil colloid complex and plant nutrition. *Soil Sci.* **55** : 13-21. 1943.
2. **Catani, R. A. e J. E. Paiva Neto.** Dosagem do potássio e sódio pelo "Fotômetro de Chama" — Sua aplicação em análise de solo. *Bragantia* **9** : 175-183, fig. 1-3. 1949.
3. **Küpper, A.** A dosagem do Magnésio pela 8-hidroxiquinolina. *Bragantia*, no prelo.
4. **Paiva Neto, J. E., R. A. Catani, M. S. Queiroz e A. Küpper.** Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de São Paulo. *Rev. Agric. (Piracicaba)* **21** : 417-453. 1946.
5. **Prince, A. L., M. Zimmerman and F. E. Bear.** The magnesium-supplying powers of 20 New Jersey soils. *Soil Sci.* **63** : 69-78. 1947.
6. **Schollenberger, C. J. and R. H. Simmon.** Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil-ammonium acetate method. *Soil Sci.* **59** : 13-24. 1945.

GENÉTICA DE *COFFEA* ⁽¹⁾

XII—HEREDITARIEDADE DA CÔR AMARELA DA SEMENTE

A. CARVALHO, engenheiro agrônomo, Secção de Genética e C. A. KRUG, engenheiro agrônomo, diretor do Instituto Agronômico de Campinas

1—INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Coffea* se diferenciam por tonalidades diversas na coloração do endosperma das sementes. Algumas apresentam-no de côr amarelada, ao passo que outras o possuem de côr verde. Essas diferenças tornam-se visíveis, com a remoção da película prateada, que corresponde aos escassos resíduos do tegumento e que, às vêzes, adere firmemente ao endosperma. As espécies *Coffea liberica* Hiern e *Coffea Deweyi* De Wild. et Th. Dur. apresentam endosperma amarelo, ao passo que as espécies de maior interesse econômico, como *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, se caracterizam por terem sementes com endosperma verde.

Em 1935 foram encontrados, nas localidades paulistas de Américo de Campos e Pompéia, alguns cafeeiros da espécie *C. arabica*, que se caracterizavam por apresentar sementes amarelas, como ocorre em outras espécies de *Coffea*. Essa variação paralela, conhecida por “café cêra”, provavelmente se originou por mutação da var. *typica* (*Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer), tendo sido, em 1938, descrita como *Coffea arabica* L. var. *cera* K.M.C. (6), (est. 1-A).

No presente trabalho apresenta-se a análise realizada, a fim de se determinar a constituição genética dêsse característico “cêra”, da espécie *C. arabica*.

2—ANÁLISE GENÉTICA

2.1—AUTOFECUNDAÇÃO DE PLANTAS “CÊRA”

A primeira amostra de café cêra, recebida pelo Instituto Agronômico, proveio de Américo de Campos e foi encaminhada pelo eng. agr. O. T. Mendes Sobrinho. Tratava-se de frutos secos, que, abertos, revelavam a existência de algumas sementes de côr verde e outras de côr cêra, e tôdas de forma perfeitamente normal. As sementes cêra foram semeadas no viveiro da Estação Experimental Central de Campinas, em janeiro de 1935. Das plantas obtidas, 15 foram plantadas na coleção de variedades, para futuras observações.

A segunda remessa de café cêra foi obtida na Fazenda Brasília, em Pompéia, e era proveniente de plantas cêra com cerca de 9 anos, existentes

(1) Trabalho apresentado na Primeira Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Campinas, de 11 a 15 de outubro de 1949.

no meio de uma plantação de café bourbon (2, 3). Tais cafeeiros receberam os números 226 e 227, da Secção de Genética do Instituto Agrônômico. O exame do café também revelou a existência de sementes **cêra** e **verde**. As sementes **cêra** foram semeadas em viveiro, em janeiro de 1936, plantando-se, depois, 20 descendentes de cada um desses cafeeiros, no lote de progênies da Secção de Genética, na Estação Experimental Central de Campinas, a fim de se estudar a produtividade.

Em 1937, por ocasião do florescimento desses cafeeiros, bem como dos exemplares da coleção, escolheram-se algumas das melhores plantas das progênies 226 e 227, além de quatro outras na coleção (N^{os}. 482, 483, 484 e 485), a fim de se efetuarem as primeiras autofecundações artificiais.

Posteriormente, novas autofecundações foram realizadas e os resultados obtidos da classificação das sementes colhidas se acham reunidos no quadro 1.

QUADRO 1.—Classificação em tipos **cêra** e **verde** das sementes obtidas pela autofecundação artificial de cafeeiros provenientes de sementes **cêra**

Número dos cafeeiros autofecundados	Número de sementes obtidas dos tipos	
	cêra	verde
226- 2	81	0
- 4	51	0
-11	14	0
-20	75	0
227- 9	94	0
-11	46	0
-18	63	0
482	744	0
483	592	0
484	93	0
485	320	0
TOTAL	2173	0

Pelos resultados do quadro 1, verifica-se que as plantas **cêra**, quando autofecundadas, somente produzem sementes do tipo **cêra**.

2.2—CRUZAMENTO ENTRE PLANTAS CÊRA DE ORIGENS DIFERENTES

A fim de verificar se o café **cêra** recebido de Américo de Campos, era o mesmo de Pompéia, efetuou-se o cruzamento entre as plantas 485 e 226-2. As sementes obtidas, em número de 170, revelaram-se tôdas do tipo **cêra**, o que leva à conclusão de que se trata do mesmo mutante genético.

2.3—F₁ (CÊRA x VERDE)

Em 1938 iniciou-se uma série de cruzamentos entre plantas produtoras de sementes **cêra** (est. 1 B, a) e plantas pertencentes a outras variedades, com sementes **verde** (est. 1 B, b). O resultado do exame das sementes híbridas obtidas acha-se reunido no quadro 2.

QUADRO 2.—Classificação em tipos **cêra** e **verde** das sementes híbridas procedentes do cruzamento (**cêra** x **verde**)

C r u z a m e n t o s		Número de sementes obtidas por tipos	
Número dos cafeeiros	Variedades	verde	cêra
482 x 1.....	<i>cera</i> x <i>bourbon</i>	66	0
482 x 8.....	<i>cera</i> x <i>bourbon</i>	6	0
482 x 10-1.....	<i>cera</i> x <i>typica</i>	110	0
482 x 27.....	<i>cera</i> x <i>polysperma</i>	119	0
482 x 24-1.....	<i>cera</i> x <i>purpurascens</i>	50	0
482 x 505.....	<i>cera</i> x <i>semperflorens</i>	47	0
485 x 10-20.....	<i>cera</i> x <i>typica</i>	3	0
485 x 17-11.....	<i>cera</i> x <i>maragogipe</i>	53	0
485 x 566.....	<i>cera</i> x <i>erecta</i>	52	0
482 x 452.....	<i>cera</i> x <i>typica</i> f. <i>xanthocarpa</i>	28	0
482 x 619.....	<i>cera</i> x <i>murta</i>	3	0
226 x sf. col. 11.....	<i>cera</i> x <i>semperflorens</i>	55	0
482 x sf. col. 11.....	<i>cera</i> x <i>semperflorens</i>	103	0
227-18-2 x sf. col. 11.....	<i>cera</i> x <i>semperflorens</i>	31	0
TOTAL		726	0

Pelo quadro 2, conclui-se que as próprias sementes híbridas do cruzamento **cêra** x **verde** já são tôdas **verde**, mostrando, por conseguinte, o fenômeno genético de "xênia", isto é, o efeito direto de um fator genético transportado pelo gâmeto masculino, sobre o tecido do endosperma. Nota-se, portanto, que, para o estudo genético do característico em foco, é suficiente o exame do endosperma das sementes, o que abrevia e facilita a análise.

2.4—F₂ (CÊRA x VERDE)

Várias plantas híbridas, derivadas das sementes mencionadas no quadro 2, foram autofecundadas a partir de 1941, quando entraram em florescimento. As sementes colhidas puderam ser classificadas em **cêra** e **verde**, conforme especificado no quadro 3.

QUADRO 3.—Classificação em tipos **verde** e **cêra** das sementes colhidas nas plantas F₁ (**cêra** x **verde**) e os valores de χ^2 calculados, na base da segregação de 3:1, de um par de fatores genéticos

Número dos cafeeiros autofecundados	Número de sementes obtidas dos tipos			Valores de χ^2
	verde	cêra	Total	
(482 x 1)– 1	153	52	205	0,02 ⁽¹⁾
– 4	200	54	254	1,90
– 9	130	44	174	0,01
(482 x 8)– 3	84	26	110	0,11
(482 x 10)– 5	51	21	72	0,67
(482 x 24)– 3	210	76	286	0,38
(482 x 27)– 2	57	27	84	2,29
– 4	24	9	33	0,09
– 10	157	48	205	0,28
(485 x 566)– 1	56	14	70	0,93
– 2	74	22	96	0,22
TOTAL	1196	393	1589	0,06

(¹) Os valores de χ^2 para os limites de 5 e 1% de probabilidades são, respectivamente, de 3,8 e 6,6.

As sementes **verde** não se mostram com coloração muito uniforme, o que deu margem a uma tentativa de divisão dessa classe em **verde escuro** e **verde claro**. A classificação, porém, é bastante difícil e imprecisa, razão por que não foi continuada nas últimas classificações.

Na hipótese de que as relações especificadas no quadro 3 correspondam à relação de 3 **verde** : 1 **cêra**, esperada na base da segregação de um só par de fatores genéticos principais, calcularam-se os valores parciais de χ^2 , bem como o χ^2 a partir dos dados totais, o que se acha especificado na última coluna dêsse mesmo quadro 3. As relações observadas se aproximam bastante dos valores calculados, o que se nota pelos valores de χ^2 obtidos e que permitem a aceitação da hipótese proposta.

2.5—"BACKCROSSES"

Em 1941 iniciaram-se também os primeiros "backcrosses" de plantas híbridas F₁ com cafeeiros portadores de sementes **verde** e cafeeiros com sementes **cêra**.

Quase todos os dados foram obtidos pela classificação das sementes híbridas colhidas. As sementes dos "backcrosses" realizados em 1942, e que correspondem aos cruzamentos (482 x 1)–9 x 12 (¹), (482 x 1)–9 x 482 e (482 x 27)–10 x 482, não foram classificadas, mas aproveitadas para plantio. As plantas dessas populações, ao florescerem, foram autofecundadas artificialmente, tendo sido devidamente classificadas as sementes obtidas.

(1) A planta 12 pertence à var. *typica*.

Pelos resultados dessas classificações, pôde-se deduzir a constituição genética das plantas e, conseqüentemente, das sementes que deram origem a essas plantas.

2.5.1—(CÊRA x VERDE) x VERDE

As classificações das sementes obtidas dos vários "backcrosses" entre plantas híbridas F_1 e plantas com sementes **verde**, deram os resultados indicados no quadro 4, isto é, são tôdas **verde**.

QUADRO 4.—Classificação em tipos **cêra** e **verde** das sementes obtidas nos "backcrosses" (**cêra** x **verde**) x **verde**

Número dos cafeeiros cruzados	Número de sementes obtidas dos tipos	
	verde	cêra
(482 x 1)– 1 x 662 ⁽¹⁾	306	0
(482 x 1)– 4 x 1–1	37	0
(482 x 1)– 4 x 662	54	0
(482 x 1)– 9 x 1	5	0
(482 x 8)– 3 x 1	27	1 ⁽³⁾
(482 x 10–1)– 5 x 1	3	0
(482 x 10–1)– 5 x 10–1	1	0
(482 x 24–1)– 3 x 23 ⁽²⁾	17	0
(482 x 24–1)– 3 x 24–20	175	0
(482 x 27)– 2 x 662	74	0
(482 x 27)– 4 x 662	43	0
(482 x 27)– 10 x 27	5	0
(485 x 566)– 1 x 566	41	0
(485 x 566)– 2 x 566	41	0
TOTAL	829	1

(1) A planta 662 pertence à var. *bourbon*.

(2) A planta 23 pertence à var. *purpurascens*.

(3) Essa única semente cêra é, provavelmente, resultante de uma contaminação.

As sementes do cruzamento (482 x 1)– 9 x 12, realizado em 1942, como já se mencionou, não foram classificadas, mas sim aproveitadas para plantio. Das sementes plantadas, obtiveram-se 10 cafeeiros que, após florescimento, foram autofecundados artificialmente, dando os seguintes resultados de classificações de sementes (quadro 5).

QUADRO 5.—Classificação em tipos **cêra** e **verde** das sementes resultantes da autofecundação artificial em plantas obtidas de sementes de um "backcross" (**cêra** x **verde**) x **verde**

Número dos cafeeiros autofecundados	Número de sementes obtidas dos tipos			Valores de χ^2
	verde	cêra	Total	
[(482 x 1)– 9 x 12]– 1	98	0	98	.....
– 2	59	0	59	.....
– 3	114	23	137	4,93
– 4	8	1	9	0,92
– 5	33	0	33	.....
– 6	136	0	136	.....
– 7	26	3	29	3,32
– 8	211	74	285	0,15
– 9	114	44	158	0,68
– 10	70	28	98	0,67

Diante desses resultados, pode-se dizer que essas 10 plantas se classificaram em 6 híbridas e 4 normais, uma relação aproximada de 1:1.

2.5.2—(CÊRA x VERDE) x CÊRA

Os resultados das classificações das sementes obtidas nesses "backcrosses" acham-se reunidos no quadro 6.

QUADRO 6.—Classificação em tipos **cêra** e **verde** das sementes obtidas nos "backcrosses" (**cêra** x **verde**) x **cêra** e os resultados de χ^2 , na hipótese de se tratar da segregação de um só par de fatores genéticos principais

Número dos cafeeiros cruzados	Número de sementes obtidas dos tipos			Valores de χ^2
	verde	cêra	Total	
(482 x 1)– 1 x 482	165	146	311	1,16 ⁽¹⁾
(482 x 1)– 4 x 482	59	47	106	1,36
(482 x 1)– 9 x 483– 1	5	4	9	0,12
(482 x 1)– 9 x 484	8	5	13	0,70
(482 x 24–1)– 3 x 482	9	9	18	0,00
(482 x 27)– 2 x 482	72	61	133	0,90
(482 x 27)–10 x 227– 5	2	0	2	.....
(485 x 566)–1 x 485	68	82	150	1,30
(485 x 566)–2 x 485	43	48	91	0,28
TOTAL	431	402	833	1,

¹ Os limites de χ^2 para 1 grau de liberdade são de 3,8 e 6,6 para os limites de 5 e 1% de probabilidade.

Os resultados do quadro 6 confirmam a hipótese de ser o característico **cêra** controlado por um par de fatores genéticos principais, que, nesses "backcrosses", segregam na relação teórica de 1:1.

As sementes dos "backcrosses" (482 x 1)– 9 x 482 e (482 x 27)– 10 x 482, realizados em 1942, foram semeadas, obtendo-se um total de 44 plantas para o primeiro caso e 6 para o segundo.

As classificações das sementes autofecundadas dessas plantas se acham indicadas no quadro 7, do que se poderá deduzir a constituição genética das sementes plantadas.

QUADRO 7. — Classificação em tipos **cêra** e **verde** das sementes resultantes da autofecundação artificial em plantas obtidas a partir de sementes do "backcross" (**cêra** x **verde**) x **cêra**

Número dos cafeeiros autofecundados	Número de sementes obtidas dos tipos			Valores de χ^2
	verde	cêra	Total	
[(482 x 1) - 9 x 482] - 1	0	67	67	.....
- 2	46	18	64	0,33
- 3	41	5	46	4,89
- 4	69	32	101	2,40
- 6	0	49	49	.....
- 7	0	5	5	.....
- 8	58	20	78	0,01
- 9	19	7	26	0,05
-10	0	54	54	.....
-11	0	62	62	.....
-12	0	82	82	.....
-13	40	15	55	0,15
-14	78	21	99	0,76
-15	7	4	11	0,76
-16	30	7	37	0,73
-17	87	24	111	0,68
-18	0	72	72	.....
-19	9	5	14	0,85
-20	0	145	145	.....
-21	9	2	11	0,27
-22	21	8	29	0,11
-23	27	14	41	1,83
-24	12	2	14	0,85
-25	0	4	4	.....
-26	0	15	15	.....
-27	0	56	56	.....
-28	0	59	59	.....
-29	341	125	466	0,83
-31	1	169	170	.....
-32	0	15	15	.....
-33	76	23	99	0,14
-34	12	1	16	0,00
-35	43	17	60	0,36
-37	43	13	56	0,09
-38	0	88	88	.....
-39	1	1	1	.....
-40	0	24	24	.....
-41	43	10	53	1,07
-42	3	1	4	.....
-43	0	100	100	.....
-44	0	54	54	.....
[(482 x 27) - 10 x 482]	0	66	66	.....
- 1	0	13	13	.....
- 2	0	16	16	0,95
- 4	63	16	79	.....
- 6	153	50	208	0,11

Do exame do quadro 7, verifica-se que, do "backcross" (482 x 1)-9 x 482, vinte e duas plantas produziram sementes **verde** e **cêra**, na proporção de 3:1 e dezoito deram apenas sementes **cêra**. A relação 22:18 se aproxima, bastante, da relação teórica 1:1. No "backcross" (482 x 27)-10 x 482, duas plantas segregaram sementes **verde** e **cêra** na relação 3:1 e duas deram apenas sementes **cêra**.

3—CRUZAMENTOS INTERESPECÍFICOS

Os cruzamentos de cafeeiros **cêra** com representantes de outras espécies de *Coffea*, portadoras também de sementes amareladas, têm fornecido sementes apenas de coloração amarelada.

Essas sementes, no geral, se apresentam com formas e tamanhos irregulares, dada a natureza cromossômica anormal, pois, enquanto o **cêra** apresenta 44 cromossômios, as demais espécies apresentam apenas 22 cromossômios somáticos. Dos cruzamentos entre as plantas da variedade **cêra**, números 482 e 485 com o cafeeiro número 63, da espécie *C. Deweveri*, obtiveram-se 37 sementes, todas do tipo **cêra**. Do cruzamento entre a planta 482 e o cafeeiro número RP254 da espécie *C. liberica*, apenas 5 sementes foram obtidas, todas elas também de coloração **cêra**.

Convém salientar que êsses cruzamentos são particularmente difíceis de ser feitos, obtendo-se, geralmente, percentagem baixa de frutificação e de fecundação (percentagem de sementes em relação ao número de óvulos nas flores) (1).

4—APROVEITAMENTO DA VARIEDADE **CÊRA** EM OUTRAS PESQUISAS

4.1—ENDOSPERMA EM *C. ARABICA*

A existência de endosperma verdadeiro em *C. arabica* era, até 1939, uma questão discutida pelos investigadores que trabalhavam com café. Enquanto alguns supunham que a massa da semente era constituída por verdadeiro endosperma, outros consideravam-na como tecido materno, resultante do desenvolvimento do nucelo (perisperma) ou dos tegumentos (7).

Os primeiros resultados obtidos com a autopolinização da variedade **cêra** e dos cruzamentos artificiais entre **cêra** e plantas portadores de sementes **verde**, normais, deram uma prova de que as sementes do café **cêra** eram, realmente, constituídas de verdadeiro endosperma (4). As próprias sementes híbridas, do cruzamento **cêra** x **verde**, sendo já **verde**, indicaram a existência do fenômeno genético de "xênia", no qual um gen para coloração **verde** era dominante sobre duas doses do gen para **cêra**.

4.2—BIOLOGIA DA FLOR

A particularidade de a própria semente do cruzamento **cêra** x **verde** já se apresentar de coloração **verde**, fez com que se projetassem novos estudos sobre a biologia da flor do *Coffea arabica*, usando-se o **cêra** como

novo indicador genético. O caráter recessivo *purpurascens*, anteriormente usado para a determinação do papel desempenhado pelo vento, insetos e gravidade como agentes de fecundação, apresentava a desvantagem de ser muito diferente da variedade *typica*, quer quanto ao número de flores produzidas, quer pela coloração geral. Além disso, as sementes obtidas no campo precisavam ser semeadas em viveiro, para se determinar a percentagem de flores que tinham sido fertilizadas por pólen estranho. Os dados assim obtidos deram um excesso de plantas híbridas, provavelmente devido à deficiência da classe *purpurascens*, cujas sementes não germinavam ou cujas mudas não se desenvolviam tão bem quanto as plantas híbridas, morrendo muitas, logo após a germinação.

Os cafeeiros *cêra*, empregados nesses estudos, permitiram tirar conclusões bem mais precisas quanto ao efeito desses agentes, tanto na autofecundação como na fecundação estranha.

Os dados obtidos indicaram que na espécie *C. arabica*, ao contrário do que se julgava, é muito mais geral a autofecundação, variando a percentagem de sementes híbridas, obtidas, entre 7,3 a 9,0%, apenas (1).

5—RESUMO E CONCLUSÕES

Não se pode dizer, com exatidão, em que local do Estado de São Paulo apareceu o mutante *cêra*, pela primeira vez. Grupos de cafeeiros *cêra*, já em plena produção, foram encontrados, simultaneamente, em Américo de Campos, zona Araraquarense, e Pompéia, zona Alta Paulista, não tendo sido possível averiguar se as sementes aí plantadas eram da mesma procedência. Dada a semelhança existente entre as plantas *cêra* e as da variedade *typica* (café nacional), quanto aos característicos morfológicos e de produção, é natural que elas tenham sido multiplicadas, ao acaso, nessas plantações.

Sem mistura com outras sementes verdes, o café *cêra* se apresenta com aspecto muito favorável, não só porque as sementes têm uma bonita cor amarela, como também porque produz bebida de boa qualidade. Quando, porém, o *cêra* aparece em mistura com o café comum (verde), a qualidade do produto é depreciada em sua aparência (2).

Sendo a primeira vez que se encontrava na espécie arábica um representante com sementes de coloração idêntica à das de outras espécies do gênero *Coffea*, iniciou-se, desde logo, a análise, para averiguar a natureza genética desse mutante.

Os resultados das autofecundações de plantas *cêra* mostraram que os cafeeiros usados eram homozigotos para esse característico e os cruzamentos de *cêra* com plantas de sementes **verde**, produzindo já sementes **verde**, indicaram a ocorrência do fenômeno genético de "xênia". Este foi de grande utilidade na determinação da natureza do tecido que forma a semente e nos estudos da biologia da flor de *C. arabica*.

Os dados obtidos dos "backcrosses" e das populações F_2 , do cruzamento de *cêra* com **verde**, demonstraram que o característico *cêra* é determinado por um só par de fatores genéticos principais, recessivos. Consoante já se propôs no Oitavo Congresso Internacional de Genética (5), o símbolo

para esse fator genético **cêra** é *cc*, sendo o seu alelo normal *Cc*. Assim, as plantas que produzem sementes **cêra**, são de constituição *cccc* e as plantas com sementes **verde**, *CcCc*. As plantas híbridas *Cece*, se autofecundadas, produzem sementes **verde** e **cêra**, na proporção teórica de 3:1, pois os endospermis de constituição *CcCc* e *Ccece* são igualmente verdes, tal como o de constituição *CcCcCc*.

SUMMARY

The known species of *Coffea* can be grouped into two categories according to the color of their endosperm which is either green or yellow. The commercially cultivated varieties of *Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* Pierre ex Froehner are well known for the green color of their seed while the less known varieties of *Coffea liberica* Hiern and *Coffea Deweveri* De Wild. et Th. Dur. have yellow seed. In 1935, however, a yellow seeded type of *C. arabica* was found in Brazil and has been described as *Coffea arabica* L. var. *cera* K.M.C.; it is believed to have originated by mutation from *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer.

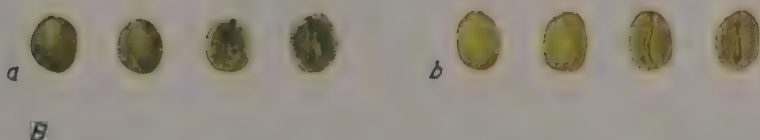
In this paper the authors present the results of a genetic study of the yellow seeded mutant known as "cêra". It has been found that in *C. arabica*, yellow endosperm is controlled by one pair of recessive factors *cccc*. Hybrid seeds containing a *Cc* embryo were green (xenia), their endosperm being either *Cecece* or *CcCece*.

Cera is a tetraploid variety and when it was crossed with diploid *Coffea* species having yellow endosperm, it was found to produce only yellow hybrid seeds.

The *cera*, which is a yellow seeded mutant has been useful not only for definitely showing that the bulk of the coffee seed is true endosperm, but it has also proved useful in study of the biology of the coffee flower.

LITERATURA CITADA

1. Carvalho, A. e C. A. Krug. Biologia da flor do cafeeiro (*C. arabica* L.). Ciência e Cultura **1**: 35-38, 1949.
2. Krug, C. A. O café *cêra* (*Coffea arabica* L. var. *cera*). Revista do Instituto do Café do Estado de São Paulo **25**: 546-548, fig. 1. 1939.
3. Krug, C. A. Melhoramento do cafeeiro. Doze anos (1933-1944) de pesquisas básicas e aplicadas realizadas nas Seções de Genética, Café e Citologia do Instituto Agrônomo. Bol. da Super. dos Serv. do Café de São Paulo **20**: 863-872, 959-962. 1945.
4. Krug, C. A. e A. Carvalho. Genetical Proof of the Existence of Coffee endosperm. Nature **144**: 515. 1939.
5. Krug, C. A. e A. Carvalho. The Genetics of *Coffea*. Proceedings of the Eighth International Congress of Genetics. Hereditas Suppl. Vol. 611-612. 1949.
6. Krug, C. A., J. E. T. Mendes e A. Carvalho. Taxonomia de *Coffea arabica* L. Descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo. Bol. Técn. do Instituto Agrônomo **62**: 9-57, figs. 1-122. 1938.
7. Mendes, A. J. T. Cytological observations in *Coffea* VI — Embryo and endosperm development in *Coffea arabica* L. American Journal of Botany **28**: 784-789. 1941.



A — Cafecero da variedade cera, da coleção da Estação Experimental Central, em Campinas; B — sementes sem pergamínio; a — sementes normais, de cor verde, b — sementes "cêra".

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL BIÓTICO DA “BROCA DO CAFÉ” — *HYPOTHENEMUS HAMPEI* (FERR.) — E CONSIDERAÇÕES SÔBRE O CRESCIMENTO DE SUA POPULAÇÃO

II—A IMPORTÂNCIA DA DIMINUIÇÃO DO ÍNDICE INICIAL DE INFESTAÇÃO NO GRAU FINAL DE FRUTOS DE CAFÉ ATACADOS PELA PRAGA (1)

LUIZ O. T. MENDES

Engenheiro agrônomo, Secção de Entomologia Aplicada, Instituto Agrônomo de Campinas

1—INTRODUÇÃO

De acôrdo com o que determinamos em nosso trabalho anterior (2), teòricamente podemos admitir que o crescimento de uma população da “Broca do Café” se dê segundo a equação

$$(1) \quad P_t = \frac{aRm}{1 + C e^{-2,303 (\log C/D) t}}$$

sendo a infestação porcentual dos frutos de café calculada segundo a equação

$$(2) \quad P_t = \frac{100}{1 + C e^{-2,303 (\log C/D) t}}$$

onde

$$C = \frac{m}{iq} - 1$$

$$D = \frac{m}{iqp_2} - 1$$

2—EQUAÇÃO GERAL DE CRESCIMENTO, BASEADA EM DADOS BIOLÓGICOS OBTIDOS EXPERIMENTALMENTE

Segundo já foi determinado por Bergamin (1), a proporção dos sexos é de 1 macho para 9,75 fêmeas, ou

$$(3) \quad r = 1/9,75.$$

Quando uma fêmea adulta ataca um fruto, nêle abre uma galeria que, alargada em câmara, vai constituir o ambiente onde será iniciada a postura. Esta, regular a princípio, diminui depois, “até cessar completamente, permanecendo a fêmea no interior do fruto enquanto dure a evolução de seus

(1) Trabalho apresentado à Primeira Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Campinas, de 11 a 15 de outubro de 1949.

descendentes, para reiniciar, em outro fruto, as posturas interrompidas" (1).

Se bem que não possamos admitir — nem isso acontece na natureza — que uma fêmea possa infestar sucessivamente "n" frutos, para um valor muito alto de "n", o fato é que, conhecida a longevidade média das fêmeas do inseto (156,6 dias) e durando seu período ativo médio 131 dias (1), verificamos que, na realidade, desde a época em que aparecem frutos da nova safra, em condições de serem atacados, até a época da colheita, é possível a uma única fêmea infestar sucessivamente vários frutos, nêles dando descendência, durante todo o período da safra. Mas é necessário levar-se em consideração que isso só poderia ocorrer caso se tratasse de uma fêmea ativa nova, que tivesse terminado seu ciclo imaturo, passando a adulto no início da safra. O que em verdade acontece, porém, é que, no início da safra, quando as condições do tempo se tornam favoráveis, as fêmeas velhas, da safra anterior, põem seus últimos ovos nos próprios frutos onde remaneeceram, dando uma descendência diminuta, porém ativa; e, como estão com sua longevidade a se extinguir, são incapazes de infestar vários frutos, sucessivamente, como acontece com as fêmeas novas. As fêmeas da nova geração, entretanto, podem atacar sucessivamente vários frutos, abandonando aqueles em que deram descendência juntamente com as fêmeas suas descendentes, de tal forma que seu comportamento pode ser confundido com o de sua própria prole, durante o período da nova safra.

Bergamin (1) estudou a fecundidade e longevidade das fêmeas da "Broca do Café", observando que os indivíduos descendentes de uma mesma fêmea, num único fruto, variam de 20 a 50, número êsse suficiente à completa utilização daquele; a fêmea, abandonando então êsse fruto, juntamente com sua prole, ataca outros, sucessivamente, porém já com sua capacidade ovipositora diminuída, de acôrdo com a idade, até cessar a postura, advindo então a morte. Para 54 fêmeas estudadas individualmente, a longevidade média encontrada foi de 156,6 dias, e o período ativo de 131,2 dias.

Nas experiências atrás citadas, para a obtenção desses dados, cada fêmea foi colocada primeiramente num fruto, sendo ao fim de alguns dias transferida para outro, quando então era feita a contagem dos ovos postos, e assim sucessivamente, até a morte do inseto. Considerando um período médio de 6 dias, de pré-oviposição, e 2 dias para a abertura da galeria e câmara iniciais — para a deposição dos ovos — fizemos um novo estudo dos dados do autor citado, para 48 das 54 fêmeas, e verificamos que dos 131,2 dias de período ativo médio, 105,2 dias foram de postura, sendo esta em média de 0,75 ovos diários. Assim, supondo que a energia dispendida pela fêmea, para abrir as várias galerias que foi obrigada a perfurar, fôsse transformada em maior número de ovos postos, temos que, para um período ativo total médio de 125,2 dias (131,2 dias de atividade, menos 6 dias de período de pré-oviposição), cada fêmea poria 83,9 ovos ($125,2 \times 0,75$). Sabendo-se agora que uma fêmea pode infestar, em média, 4 frutos sucessivos, temos então $83,9/4 = 20,97$ ovos, em média, por fruto atacado, admitindo-se para isso que haja regularidade na oviposição, por todo o período considerado.

Ora, sabemos que

$$(3) \quad r = 1/9,75$$

e

$$(4) \quad p = p_1 + p_2$$

onde "p₁" representa os descendentes machos e "p₂" os descendentes fêmeas de uma única fêmea.

Sendo "P'" a postura média feita em cada fruto, e "p'₁" e "p'₂", respectivamente, os ovos de que sairão machos e fêmeas, para cada fruto, tem-se

$$(5) \quad r = p'_1/p'_2 = (P' - p'_2)/p'_2 = 1/9,75$$

donde

$$(6) \quad p'_2 = 9,75 \quad P' / (9,75 + 1)$$

donde

$$p'_2 = (9,75 \times 20,97) / 10,75 = 19,02$$

Esses dados, assim calculados, não coincidem exatamente com os obtidos por Bergamin (1), que apresenta números médios mais altos para os ovos postos por uma fêmea nova. Mas é preciso considerar-se que esse autor levou em conta unicamente os ovos obtidos de posturas efetuadas no primeiro fruto atacado (correspondentes a uma primeira geração) e, sabendo-se que a capacidade ovíparos decresce com o decorrer do tempo, com a sucessão dos frutos atacados, num segundo fruto seria pôsto um menor número de ovos, e assim por diante; devendo a média final obtida, para os vários frutos, corresponder aproximadamente aos dados calculados. E, para nosso estudo, dadas as considerações preliminares em que se baseia, pois admite acontecimentos constantes no espaço de tempo em que se processa o crescimento da população, interessam os valores médios.

Mas como admitimos que uma fêmea nova pode atacar sucessivamente 4 frutos, em cada um dêles dando uma descendência média de 20,97 ovos, e também admitimos que se comportará ela de maneira idêntica às fêmeas suas descendentes, nesse período de tempo, devemos acrescentar uma unidade ao valor de "p'₂", dentro dos limites das 4 gerações, ou

$$(7) \quad p'_2 = 19,02 + 1 = 20,02 \quad (\text{para valores de "t" até o limite 4}).$$

De acôrdo com o que foi estudado anteriormente por Mendes (2), cada fruto atacado abriga um número máximo de fêmeas, representado simbolicamente por "m". E como um fruto de café, atacado por uma única fêmea,

não pode abrigar em seu interior maior número de fêmeas que o próprio número de fêmeas descendentes de um único indivíduo, além desse próprio indivíduo, para o caso em aprêço tem-se a identidade

$$(8) \quad m = p'_2 = 20,02$$

Dessa maneira a equação (1) fica

$$(9) \quad P_t = \frac{a R p'_2}{1 + C e^{-2,303 (\log C/D) t}}$$

onde

$$(10) \quad C = (p'_2 / iq) - 1$$

$$(11) \quad D = (1 / iq) - 1$$

Ora

$$\frac{C}{D} = (p'_2 / iq - 1) / (1 / iq - 1)$$

e sendo

$$p'_2 = 20,02$$

tem-se

$$(12) \quad \frac{C}{D} = (20,02 - iq) / (1 - iq)$$

logo a equação (9) fica

$$(13) \quad P_t = \frac{a R p'_2}{1 + (p'_2 / iq - 1) e^{-2,303 [\log (20,02 - iq) / (1 - iq)] t}}$$

ou

$$(14) \quad P_{t_0}^4 = \frac{20,02 a R}{1 + (20,02 / iq - 1) e^{-2,303 [\log (20,02 - iq) / (1 - iq)] t}}$$

e para a determinação da população de frutos atacados, em percentagens da população total de frutos, a equação (14) fica

$$(15) \quad P_{t_0}^4 = \frac{100}{1 + (20,02 / iq - 1) e^{-2,303 [\log (20,02 - iq) / (1 - iq)] t}}$$

A equação atrás deduzida tem limitada sua aplicação a um espaço de tempo correspondente a quatro gerações, mas para o fim que temos em mira

êsse espaço de tempo é suficiente, uma vez que, quando ocorrer a quarta geração, os frutos estarão praticamente na época da colheita, como se verá mais tarde.

Como já foi estudado anteriormente (I), o ponto de inflexão de uma equação do tipo da apresentada é obtido quando

$$(16) \quad t = \text{Log } C / \log (C/D)$$

e para a equação (15) tem-se

$$(17) \quad t = \frac{\log (20,02/iq - 1)}{\log (20,02 - iq)/(1 - iq)}$$

De acôrdo com o que já observamos atrás, necessário se torna levar em consideração o fato de que fêmeas, que permaneceram vivas no período da entre-safra, estão em seu limite de longevidade, e com reduzida capacidade de oviposição, unicamente à espera de que as condições mesológicas lhes facultem a perpetuação da espécie, para em seguida morrerem. Para maior facilidade no cálculo, vamos admitir que, na natureza, aconteça o seguinte: quando as condições meteorológicas permitem, as fêmeas remanescentes, que se achavam abrigadas em frutos da safra anterior, põem seus últimos ovos nesses próprios frutos. Assim, quando se iniciar a infestação dos frutos da safra pendente, serão êstes atacados unicamente por fêmeas novas, em plena capacidade de procriação. Dessa maneira, na época em que se determinar o valor de "i", nos frutos remanescentes, representará êle uma população ativa, constituída somente por fêmeas novas, desde que tal determinação seja feita em época oportuna, quando já existem na lavoura frutos da nova safra em condições favoráveis ao ataque pela praga.

A infestação inicial, por outro lado, poderá ser determinada nos frutos da safra pendente, mas, nesse caso, o valor de "q", a ser considerado, será igual à unidade, somente no caso de cada fruto abrigar unicamente a fêmea inicial. Será maior que a unidade, quando esta já estiver dando descendência, quando o fruto já tiver em seu interior outras fêmeas, descendentes daquela.

3—EXEMPLOS NUMÉRICOS HIPOTÉTICOS

3.1—DESENVOLVIMENTO DA INFESTAÇÃO, EM CONDIÇÕES NORMAIS

Suponhamos que uma plantação de 10.000 pés de café foi atacada pela "Broca do Café" na safra do ano passado. Após a colheita e outras operações complementares, e quando os frutos da nova safra estavam em condições de ser inicialmente atacados pela praga, um levantamento geral feito revelou que havia, em média, as seguintes quantidades de frutos da safra anterior, por pé de café:

a) 100 frutos pendentes, e entre os troncos, dos quais 60% atacados pela praga, cada fruto infestado abrigando uma média de 0,2 fêmeas ativas;

b) 150 frutos caídos no solo, dos quais 20% atacados pela praga, cada fruto infestado abrigando uma média de 0,1 fêmea ativa.

Pela estimativa da colheita existem 5000 frutos da nova safra, em média, por pé.

Tem-se, portanto,

$$a = 1$$

$$R' = 5\,000$$

$$R = 10\,000 \times 5\,000 = 50\,000\,000$$

$$m = p_2 = 20,02$$

$$aRm = 1 \times 50\,000\,000 \times 20,02 = 1\,001\,000\,000 = 100\%$$

$$v_1 = 100 \times 0,6 = 60$$

$$v_2 = 150 \times 0,2 = 30$$

$$d_1 = 0,2$$

$$d_2 = 0,1$$

$$d' = d_1v_1 + d_2v_2 = 0,02 \times 60 + 0,1 \times 30 = 12 + 3 = 15$$

$$i = d'/R' = 15/5\,000 = 0,003$$

$$q = 1$$

O valor "q=1" é achado admitindo-se que, como já foi estudado anteriormente (2), no momento propício, as "d'" fêmeas ativas atacam "d" frutos em condições de serem atacados, dando uma média, nesse momento, de "d'" frutos atacados por pé de café, cada fruto abrigando então "q=1" fêmea ativa.

Calculando os valores e substituindo-os em (15) tem-se

$$C = 20,02/iq = 20,02/(1 \times 0,003) = 6\,672 \quad 1 = 6\,672$$

$$k = 2,303 \log [(20,02 - iq) / (1 - iq)] = 2,303 \log [(20,02 - 1 \times 0,003) / (1 - 1 \times 0,003)] = 2,303 \log (20,017/0,997) = 2,303 \log 20,08 = 2,303 \times 1,30276 = 3,00025$$

donde

$$(18) \quad P_{t_0}^4 = \frac{100}{1 + 6\,672 e^{-3,0003 t}}$$

e seu ponto de inflexão é dado quando

$$(19) \quad t = \frac{\log (20,02 - 1 \times 0,003 - 1)}{\log (20,02 - iq) (1 - 1 \times 0,003)} = \frac{\log 6\,672}{\log (20,017 / 0,997)} =$$

$$= \frac{\log 6\,672}{\log 20,08} = \frac{3,822426}{1,20276} = 2,935.$$

Podemos agora calcular os demais pontos da curva, dando diversos valores a "t". Assim obtemos os dados apresentados no quadro 1.

QUADRO 1. —Desenvolvimento porcentual da população (P) em função do tempo (t) para uma infestação inicial $i=0,003$

t	P	t	P	t	P
0,2	0,027	2,2	9,97	3,1	62,15
0,4	0,050	2,3	13,01	3,2	68,92
0,6	0,091	2,4	16,79	3,3	74,96
0,8	0,165	2,5	21,41	3,4	80,13
1,0	0,300	2,6	26,89	3,5	84,45
1,2	0,546	2,7	33,18	3,6	88,03
1,4	0,990	2,8	40,13	3,7	90,82
1,6	1,790	2,9	47,51	3,8	93,02
1,8	3,213	2,935	50,00	3,9	94,78
2,0	5,730	3,0	54,85	4,0	96,10

Na figura 1, a curva (18) representa o crescimento de uma tal população (exemplo 3.1), para os valores de "t" compreendidos entre 0 e 4. Para sua representação, os intervalos de tempo foram mantidos iguais, como se a população crescesse num ambiente onde os fatores mesológicos (temperatura, umidade, etc.) se mantivessem constantes durante o tempo considerado. É evidente que isso não acontece na natureza, e mais tarde trataremos do mesmo assunto, levando em conta a influência da temperatura no ciclo biológico do inseto que estamos estudando.

3.2 INFLUÊNCIA DO REPASSE NO DESENVOLVIMENTO DA INFESTAÇÃO

Vamos, agora, passar a um outro exemplo, em que estudaremos a influência do "repasso" no crescimento de uma população desse tipo.

Numa plantação de café, idêntica à do exemplo 3.1, havia sido feito um repasse muito cuidadoso, de modo que tinha havido uma redução de 90% na população inicial. Logo

$$v_1 = 10 \times 0,6 = 6$$

$$v_2 = 15 \times 0,2 = 3$$

$$d_1 = 0,2$$

$$d_2 = 0,1$$

$$d' = 0,2 \times 6 + 0,1 \times 3 = 1,2 + 0,3 = 1,5$$

$$i = 1,5 / 5\,000 = 0,0003$$

$$C = 20,02/0,0003 - 1 = 66\,733 - 1 = 66\,732$$

$$k = 2,303 \log [(20,02 - 0,0003)/(1 - 0,0003)] = 2,303 \log (20,00197/0,9997) = 2,303 \log 20,03 = 2,303 \times 1,30168 = 2,99776$$

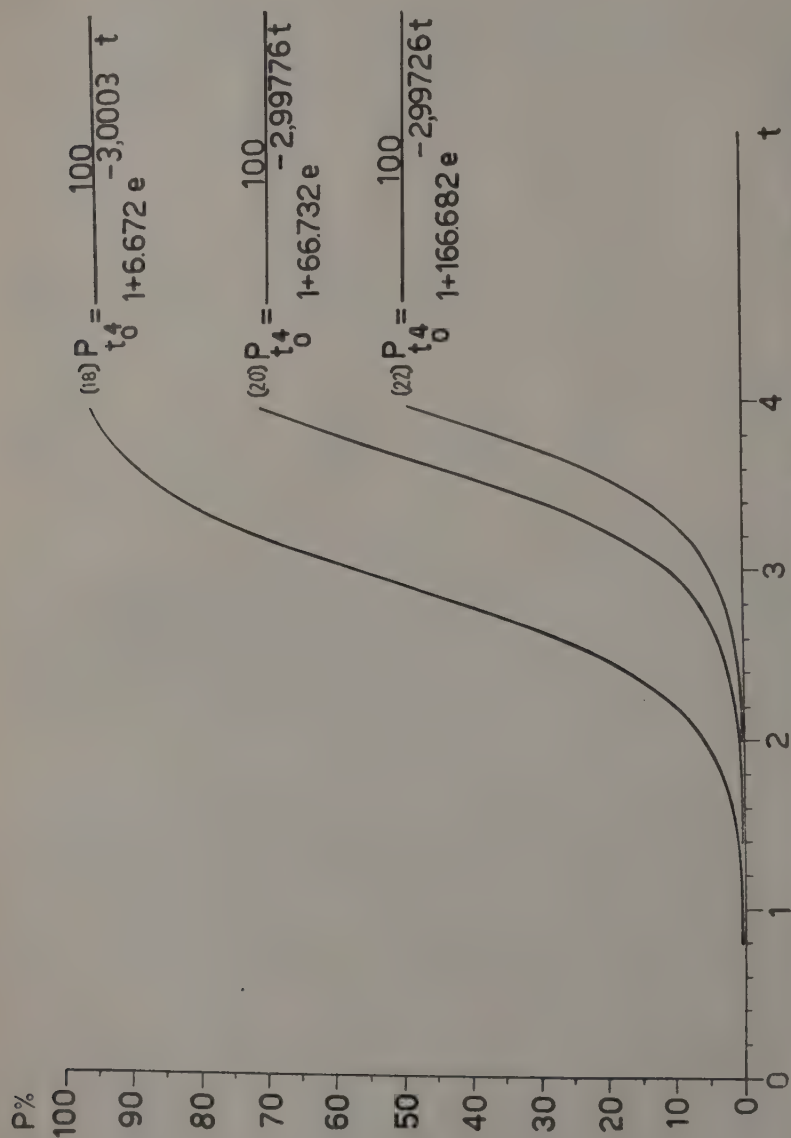


FIGURA 1.—Curvas representativas do crescimento das populações de frutos atacados pela "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — estudadas nos exemplos 3.1, 3.2 e 3.3

donde

$$(20) \quad P_{t_0}^4 = \frac{100}{1 + 66\,732 e^{-2,99776 t}}$$

e seu ponto de inflexão é dado quando

$$(21) \quad t = \frac{\log 66\,732}{\log (20,02 - 0,0003)/(1 - 0,0003)} = \frac{\log 66\,732}{\log (20,0197/0,9997)} =$$

$$= \frac{\log 66\,732}{\log 20,025} = \frac{4,82426}{1,30168} = 3,706$$

Calculando-se os demais pontos da curva, dando-se diversos valores a "t", obtêm-se os dados apresentados no quadro 2.

QUADRO 2.—Desenvolvimento porcentual da população (P) em função do tempo (t), para uma infestação inicial $i=0,0003$

t	P	t	P	t	P
0,2	0,0027	2,2	1,08	3,2	18,01
0,4	0,0050	2,3	1,46	3,3	22,87
0,6	0,0091	2,4	1,96	3,4	28,58
0,8	0,0165	2,5	2,62	3,5	35,07
1,0	0,0300	2,6	3,51	3,6	42,16
1,2	0,0547	2,7	4,68	3,7	49,58
1,4	0,0996	2,8	6,21	3,706	50,00
1,6	0,181	2,9	8,20	3,8	57,04
1,8	0,330	3,0	10,77	3,9	64,18
2,0	0,598	3,1	14,00	4,0	70,72

Na figura 1, a curva (20) representa o crescimento da população estudada no exemplo 3.2.

3.3—INFLUÊNCIA DE UM REPASSE RIGOROSO NO DESENVOLVIMENTO DA INFESTAÇÃO

Se na mesma plantação atrás citada (exemplo 3.1) fôsse feito um repasse nos moldes daquele exigido pela legislação anteriormente em vigor, que somente permitia se deixasse uma média de 10 frutos por pé de café (na árvore

e no chão), isto é, se se conseguisse, por conseguinte, reduzir o total de frutos remanescentes a 1/25 da população deixada após a colheita, ter-se-ia

$$v_1 = 4 \times 0,6 = 2,4$$

$$v_2 = 6 \times 0,2 = 1,2$$

$$d_1 = 0,2$$

$$d_2 = 0,1$$

$$d' = 0,2 \times 2,4 + 0,1 \times 1,2 = 0,48 + 0,12 = 0,60$$

$$i = 0,6 / 5\,000 = 0,00012$$

$$C = 20,02 / 0,00012 - 1 = 166\,683 - 1 = 166\,682$$

$$k = 2,303 \log [(20,02 - 0,00012) / (1 - 0,00012)] = 2,303 \log (20,01988 / 0,99988) = 2,303 \log 20,02 = 2,303 \times 1,30146 = 2,99726$$

donde

$$(22) \quad P_{t_0}^4 = \frac{100}{1 + 166\,682 e^{-2,99726 t}}$$

e seu ponto de inflexão é achado para

$$(23) \quad t = \frac{\log 166\,682}{\log [(20,02 - 0,00012) / (1 - 0,00012)]} = \frac{\log 166\,682}{\log (20,01988/0,99988)} =$$

$$= \frac{\log 166\,682}{\log 20,02} = \frac{5,22194}{1,30146} = 4,012$$

E dando-se diversos valores a "t", obtêm-se os demais pontos da curva, apresentados no quadro 3.

QUADRO 3.—Desenvolvimento percentual da população (P) em função do tempo (t), para uma infestação inicial $i=0,00012$

t	P	t	P	t	P
1,0	0,012	2,4	0,729	3,4	13,78
1,2	0,022	2,6	1,433	3,5	17,75
1,4	0,040	2,8	2,579	3,6	22,55
1,6	0,073	3,0	4,600	3,7	28,22
1,8	0,132	3,1	6,109	3,8	34,65
2,0	0,240	3,2	8,071	3,9	41,72
2,2	0,437	3,3	10,590	4,0	49,14

Na figura 1, a curva (22) representa o crescimento da população estudada no exemplo 3.3.

4—DISCUSSÃO

O estudo comparativo dos três exemplos dados atrás bem mostra a importância que representa, no controle da praga, uma colheita bem feita, pelo fato de acarretar diminuição no nível da população inicial. Quanto menor esta última, em relação à carga de frutos, tanto mais lentamente poderá crescer a população relativa do inseto. Comparando-se, por exemplo, os resultados porcentuais de infestação no momento " $t=3$ " (supondo-se que, nesse instante, deva ser feita a colheita), verifica-se logo que para uma colheita normal (exemplo 3.1) o grau de infestação atingido no momento da colheita seria de 54,85%; havendo repasse bem feito, o grau de infestação (exemplo 3.2) desceria a 10,77%; e para um repasse rigoroso (exemplo 3.3) não atingiria a infestação senão o nível de 4,60%.

Achou-se que os pontos de inflexão das curvas de crescimento da população ocorriam para $t=2,935$, $t=3,706$ e $t=4,012$, respectivamente para os exemplos 3.1, 3.2 e 3.3 (graus de infestação iniciais, respectivamente de 0,003, 0,0003 e 0,00012). Isso quer dizer que o nível de 50% de frutos broqueados se atrasaria de $3,706 - 2,935 = 0,771$ t, para uma redução da ordem de 0,9 no índice inicial de infestação, e de $4,012 - 2,935 = 1,077$ t, para uma redução da ordem de 0,96, no referido índice.

Esses resultados teóricos comprovam a necessidade de se diminuir, ao mínimo possível, o grau inicial de infestação, ao mesmo tempo que indicam a possibilidade teórica de se determinar o grau de eficiência que se deve obter, com pulverizações inseticidas, a fim de reduzir a infestação final — na época da colheita — a nível previamente determinado.

RESUMO

Em trabalho apresentado à Academia Brasileira de Ciências, o autor, estudando o que se conhece a respeito do comportamento da "Broca do Café", deduziu uma equação teórica que traduz o crescimento de uma população desse inseto, nos cafêzais, considerando-a do tipo fechado, à vista da limitação dos seus meios de subsistência.

A infestação porcentual de frutos de café pode ser achada a qualquer momento " t " pela aplicação da fórmula

$$P_t = \frac{100}{1 + (m/iq - 1) e^{-2,303 [\log (m/iq - 1) - \log (m/iq_2 - 1)] t}}$$

Continuando seus estudos, e aproveitando-se dos dados biológicos já publicados por outro pesquisador (1), o autor determina que, podendo uma única fêmea do inseto atacar sucessivamente até quatro frutos, a equação atrás se transforma em

$$P_t^4 = \frac{100}{1 + (20,02 iq - 1) e^{-2,303 [\log (20,02 - iq) (1 - iq)] t}}$$

que pode ser aplicada no curso de uma safra, uma vez que o espaço de tempo, correspondente ao desenvolvimento das quatro gerações (4 t), se ajusta

aproximadamente ao período de desenvolvimento e maturação dos frutos, até a época de colheita.

O ponto de inflexão da curva é achado quando

$$t = \frac{\log (20,02 / iq - 1)}{\log (20,02 - iq) / (1 - iq)}$$

São dados alguns exemplos pelos quais é demonstrada a grande importância do índice inicial de infestação, no grau final de ataque pela praga, uma vez que, quanto maior o valor numérico do índice "iq", tanto menor será o valor de "t" em relação ao ponto de inflexão, isto é, quanto maior o grau inicial de infestação, tanto mais cedo atingirá êle o nível de 50% de frutos atacados.

SUMMARY

The author presents a new equation that is believed to indicate more accurately the population growth of the coffee berry borer — *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — under ideal environmental conditions. This new equation is based on previously published data by the author (2) and takes into account results of other biological studies (1) concerning this insect.

It is now possible to calculate the percentage of attacked coffee fruits at any given time "t", between the limits 0 and 4, by the formula

$$P_t^4 = \frac{100}{1 + (20,02/iq - 1) e^{-2,303 [\log (20,02 - iq) / (1 - iq)] t}}$$

where

i = initial infestation factor

q = average number of active females, per coffee fruit, in the moment when "i" is determined.

The derived equation is chiefly based on the following biological data :

- a) the normal sex ratio is 1 male to 9.75 females ;
- b) only the females attack the fruits ;
- c) an active female may, during the season of fruit development, attack as many as four fruits in the field, and in each fruit can deposit an average of 20.97 eggs.

In this paper three theoretical examples are given of the application of the new equation, and the results obtained show the importance of the initial infestation factor in the final percentage of attacked coffee fruits.

LITERATURA CITADA

1. Bergamin, J. Contribuição para o conhecimento da biologia da "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867) (Col. *Ipidæ*) — Arq. Inst. Biol. S. Paulo 14 : 31-72, tab. 1-16. 1943.
2. Mendes, Luiz O. T. Determinação do potencial biótico da "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — e considerações sobre o crescimento de sua população. An. Acad. Bras. Ciências 21 : 275-290, fig. 1. 1949.

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL BIÓTICO DA "BROCA DO CAFÉ" — *HYPOTHENEMUS HAMPEI* (FERR.) — E CONSIDERAÇÕES SÔBRE O CRESCI- MENTO DE SUA POPULAÇÃO

III — CURVA TERMOMETABÓLICA DA "BROCA DO CAFÉ" E SUA APLICAÇÃO NO ESTUDO DO CRESCIMENTO DE SUA POPULAÇÃO ⁽¹⁾

LUIZ O. T. MENDES

*Engenheiro agrônomo, Secção de Entomologia Aplicada, Instituto Agronômico de
Campinas*

1—INTRODUÇÃO

Em exemplos numéricos dados em trabalho anterior (2), foi estudado o crescimento de uma população de "Broca do Café" num ambiente onde as condições mesológicas foram tidas como constantes, variando-se unicamente, a título de ilustração, o índice inicial de infestação.

Os estudos até hoje feitos, sôbre o comportamento dessa praga, em laboratório, não nos permitem ainda a adaptação da curva teórica do crescimento de sua população — em ambiente restrito — a condições [variáveis do meio ambiente — como ocorre na natureza — salvo no que se refere à influência da temperatura no desenvolvimento de seu ciclo.

2—INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO CICLO BIOLÓGICO DA "BROCA DO CAFÉ"

Bergamin (1) estudou a influência da temperatura no desenvolvimento do inseto, em condições de laboratório. Se bem que os dados não sejam completos para um estudo do tipo do que estamos fazendo (em virtude de as investigações dêste autor terem sido feitas com outra finalidade em mira), é possível sua adaptação às nossas pesquisas, obtendo-se, então, resultados que melhor se aproximam do que ocorre na natureza, que no caso de se admitir constância nos componentes do meio ambiente.

Resumindo os dados apresentados por Bergamin (1), temos o seguinte (quadro) :

(1) Trabalho apresentado à Primeira Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Campinas, de 11 a 15 de outubro de 1949.

QUADRO 1.—Influência da temperatura no ciclo biológico da “Broca do Café”, de acordo com Bergamin (1)

Períodos	Dias para o desenvolvimento médio de um ciclo, às temperaturas de			
	19,2 °C	22 °C	24,5 °C	27 °C
Incubação	13,5	6,0	?	4
Larva	29,5	14,0	?	11
Pré-pupa	6,0	4,0	?	2
Pupa	14,0	8,0	?	4
Total.....	63,0	32,0	27,5	21

Dessa maneira temos em mãos dados que nos apresentam, para três diferentes temperaturas, o número de dias necessários para o desenvolvimento de cada período, e, para o total dos quatro períodos considerados (do ôvo à saída do adulto), dados relativos a quatro diferentes temperaturas. Isso, entretanto, não é suficiente, uma vez que faltam dados a respeito da maturação do adulto (desde sua emergência até a maturidade sexual).

Entretanto, o autor em aprêço se refere ao fato de, a 27 °C, a postura da segunda geração começar 8 dias após o aparecimento do primeiro adulto ; sabendo que, a essa mesma temperatura, é de 2 dias o espaço de tempo necessário para a abertura da galeria inicial, e deposição do primeiro ôvo, temos, por exclusão, $8-2=6$ dias para a maturação do adulto, à temperatura citada. Admitindo a proporcionalidade inversa dos espaços de tempo, em relação às temperaturas, para o desenvolvimento dos períodos parciais, ou do ciclo total, e sabendo, pelos dados apresentados no quadro 1, que a 27 °C decorrem 21 dias, desde a deposição do ôvo até a emergência do adulto, e que a 19,2 °C decorrem 63 dias para que ciclo idêntico seja completo, podemos determinar, portanto, um fator que, utilizado convenientemente, nos dará o tempo, em dias, necessário à maturação sexual do adulto, a 19,2 °C. E, seguindo idêntico raciocínio para as demais lacunas, podemos determinar os tempos decorridos, às outras temperaturas (22 e 24,5 °C).

Poder-se-á dizer que o método adotado para a determinação dessas constantes biológicas seja um tanto grosseiro, o que também admitimos ; mas, no momento, não dispomos de outros elementos, ou solução, senão os indicados.

Feitas as conversões, pelo caminho indicado, obtemos os dados apresentados a seguir.

QUADRO 2.—Influência da temperatura no ciclo biológico da "Broca do Café".
Dados de Bergamin (1) com interpolações do autor

Períodos	Dias para o desenvolvimento médio de um ciclo, às temperaturas médias de			
	19,2 °C	22 °C	24,5 °C	27 °C
Abertura da galeria e deposição do primeiro ovo	5,0	3,0	2,5	2,0
Incubação	13,5	6,0	?	4,0
Larva	29,5	14,0	?	11,0
Pré-pupa	6,0	4,0	?	2,0
Pupa	14,0	8,0	?	4,0
Maturação do adulto	19,0	9,2	7,8	6,0
Total	87,0	44,2	37,8	29,0

3—EQUAÇÃO TERMOMETABÓLICA DOS INSETOS

Para o cálculo da curva termometabólica da espécie vamos admitir, dentro de regra tida como geral, que uma hipérbole equilátera bem traduz o fenômeno.

Assim, sendo

T_0 = temperatura mínima efetiva

D = número de dias que o inseto leva para completar um ciclo, à temperatura efetiva T

d = idem, à temperatura efetiva t

a temperatura mínima efetiva (T_0), isto é, a temperatura mínima à qual o metabolismo do inseto se inicia, pode ser obtida admitindo-se que

$$(1) \quad D(T - T_0) = d(t - T_0) = K \text{ (uma constante),}$$

donde

$$(2) \quad T_0 = (dt - DT) / (d - D)$$

Tal equação, no geral, se adapta bem aos dados experimentais, para limites de temperatura contidos em ambos os lados da temperatura ótima, dentro da faixa tida como de temperatura efetiva, desde que outros fatores sejam mantidos constantes, como umidade atmosférica, iluminação, etc.

O valor de "K" é conhecido como **constante térmica** da espécie, e é assim dado em graus-hora, ou graus-dia, etc.

De (1) tiramos

$$(3) \quad T_0 = T \cdot K/D = t - K/d$$

donde

$$(4) \quad (dt - DT) / (d - D) = T - K/D$$

ou

$$(5) \quad K = dD(T - t) / d - D.$$

Essa fórmula pode ser aplicada para o cálculo da constante térmica, em função de duas temperaturas quaisquer estudadas, substituindo-se os símbolos pelos seus valores respectivos, e, para uma série "n" de dados experimentais, são obtidos C_n^2 valores de K. O valor médio da constante térmica melhor é dado, então, pela média ponderada, calculada segundo a fórmula

$$(6) \quad K = \Sigma dD(T-t) / \Sigma (d-D),$$

onde os valores $d_1, d_2, d_3 \dots d_n$ correspondentes às temperaturas $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ são substituídos, aos pares, na fórmula, de acordo com C_n^2 .

3.1—CÁLCULO DA CONSTANTE TÉRMICA DA "BROCA DO CAFÉ"

Assim, com os dados apresentados no quadro 2, podemos calcular o valor numérico da constante térmica da "Broca do Café", como a seguir :

QUADRO 3.—Tabela para o cálculo da constante térmica da "Broca do Café"

dD	T-t	dD(T-t)	(d-D)
2523,0	7,8	19 679,4	58,0
3288,6	5,3	17 429,6	49,2
3845,4	2,8	10 767,1	42,8
1281,8	5,0	6 409,0	15,2
1670,8	2,5	4 177,0	6,4
1096,2	2,5	2 740,5	8,8
Soma		61 202,6	180,4

Logo

$$K = 61\,202,6 / 180,4 = 339,26$$

3.2—CÁLCULO DA TEMPERATURA MÍNIMA EFETIVA DA "BROCA DO CAFÉ"

Sabendo-se que

$$(3) \quad T_0 = T - K/D,$$

tem-se, para o seu valor médio,

$$T_0 = \Sigma (TD - K) / \Sigma D,$$

e calculando-se, com os dados do quadro 2, tem-se o que é apresentado no quadro 4.

QUADRO 4.—Tabela para o cálculo da temperatura mínima efetiva da “Broca do Café”

TD	TD-K	D
1670,4	1331,1	87,0
972,4	633,1	44,2
926,1	586,8	37,8
783,0	443,7	29,0
Soma	2 994,7	198,0

Logo

$$T_e = 2\,994,7 / 198,0 = 15,12\text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.3—EQUAÇÃO TERMOMETABÓLICA DA “BROCA DO CAFÉ”

Conhecidas essas constantes, podemos agora formular a equação, tirada de (1)

$$(7) \quad D = K / (T - T_e)$$

donde, para os dados calculados, tem-se a equação representativa do desenvolvimento termometabólico do inseto em estudo.

$$(8) \quad D = 339,3 / (T - 15,12\text{ }^{\circ}\text{C})$$

Por esta equação podemos traçar a curva correspondente, que se vê na figura 1, segundo os pontos calculados e apresentados no quadro 5.

QUADRO 5.—Influência da temperatura (T = graus centígrados) no ciclo biológico total (D = dias) da “Broca do Café” (desde a abertura da galeria e deposição do primeiro ôvo até a maturação do adulto de primeira geração), segundo a equação termometabólica (8)

T	T-T _e	D	T	T-T _e	D	T	T-T _e	D
17,00	1,88	180,4	20,25	5,13	66,1	24,00	8,88	38,2
17,25	2,13	159,3	20,50	5,38	63,1	24,50	9,38	36,2
17,50	2,38	142,6	20,75	5,63	60,3	25,00	9,88	34,4
17,75	2,63	129,0	21,00	5,88	57,7	25,50	10,38	32,7
18,00	2,88	117,8	21,25	6,13	55,4	26,00	10,88	31,2
18,25	3,13	108,4	21,50	6,38	53,2	26,50	11,38	29,8
18,50	3,38	100,4	21,75	6,63	51,2	27,00	11,88	28,6
18,75	3,63	93,5	22,00	6,88	49,3	27,50	12,38	27,4
19,00	3,88	87,4	22,25	7,13	47,6	28,00	12,88	26,4
18,25	4,13	82,2	22,50	7,38	46,0	28,50	13,38	25,4
19,50	4,38	77,5	22,75	7,63	44,5	29,00	13,88	24,4
19,75	4,63	73,3	23,00	7,88	43,1	29,50	14,38	23,6
20,00	4,88	69,5	23,50	8,38	40,5	30,00	14,88	22,8

A recíproca de uma hipérbole equilátera é uma reta, de modo que, calculados os valores $1/D$ e entrando com esses valores nas correspondentes temperaturas, se obtém a reta apresentada na figura 1, chamada linha de **velocidade relativa de desenvolvimento** do inseto. Teóricamente, o ponto de **temperatura mínima efetiva**, que, como já vimos, é $15,12^{\circ}\text{C}$, se acha onde essa reta corta o eixo das temperaturas.

4—APLICAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS DA EQUAÇÃO TERMOMETABÓLICA DA “BROCA DO CAFÉ” NO TRAÇADO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DE SUA POPULAÇÃO

Conhecida a curva termometabólica da “Broca do Café”, podemos agora aplicá-la no traçado da curva de crescimento da população do inseto, em função das variações de temperatura do meio ambiente. Em lugar de, no eixo das abscissas, colocarmos os tempos a intervalos regulares, iguais, o que somente poderia ser admitido em condições de temperatura uniforme, os intervalos de tempo serão calculados em função da variação da temperatura ambiente.

As normais de temperatura de Campinas (normal calculada para 58 anos, de 1890 a 1947) são dadas no quadro 6.

QUADRO 6.—Quadro normal das temperaturas de Campinas (média de 1890 a 1947)

Mês	Temperatura <i>graus C</i>	Mês	Temperatura <i>graus C</i>	Mês	Temperatura <i>graus C</i>
Janeiro	22,5	Maio	18,0	Setembro	19,2
Fevereiro	22,6	Junho	16,7	Outubro	20,4
Março	22,2	Julho	16,4	Novembro	21,3
Abril	20,4	Agosto	19,7	Dezembro	22,1

Média anual : 20,0

Calculamos, para cada mês, a diferença entre a temperatura “ T_m ” e “ T_o ”. Como a constante térmica (para desenvolvimento completo de uma geração) é conhecida, dividimo-la por 10, para que a construção do gráfico seja mais minuciosa; o quociente de $K/10$, dividido por $T_m - T_o$, dará o número de dias necessários para, em dado mês, se desenvolver $1/10$ de geração. Dessa maneira podemos construir um gráfico onde, no eixo das abscissas, são marcados os pontos correspondentes a “ t ”, de décimo em décimo.

Exemplificando, para a normal de setembro

$$K/10 = 339,3/10 = 33,93$$

$d = 33,93 / (T_m - T_o) = 33,93 / (19,2 - 15,12) = 33,93 / 4,08 = 8,32$ o que significa que, nesse mês, em 8,32 dias, se pode desenvolver 0,1 geração da “Broca do Café”.

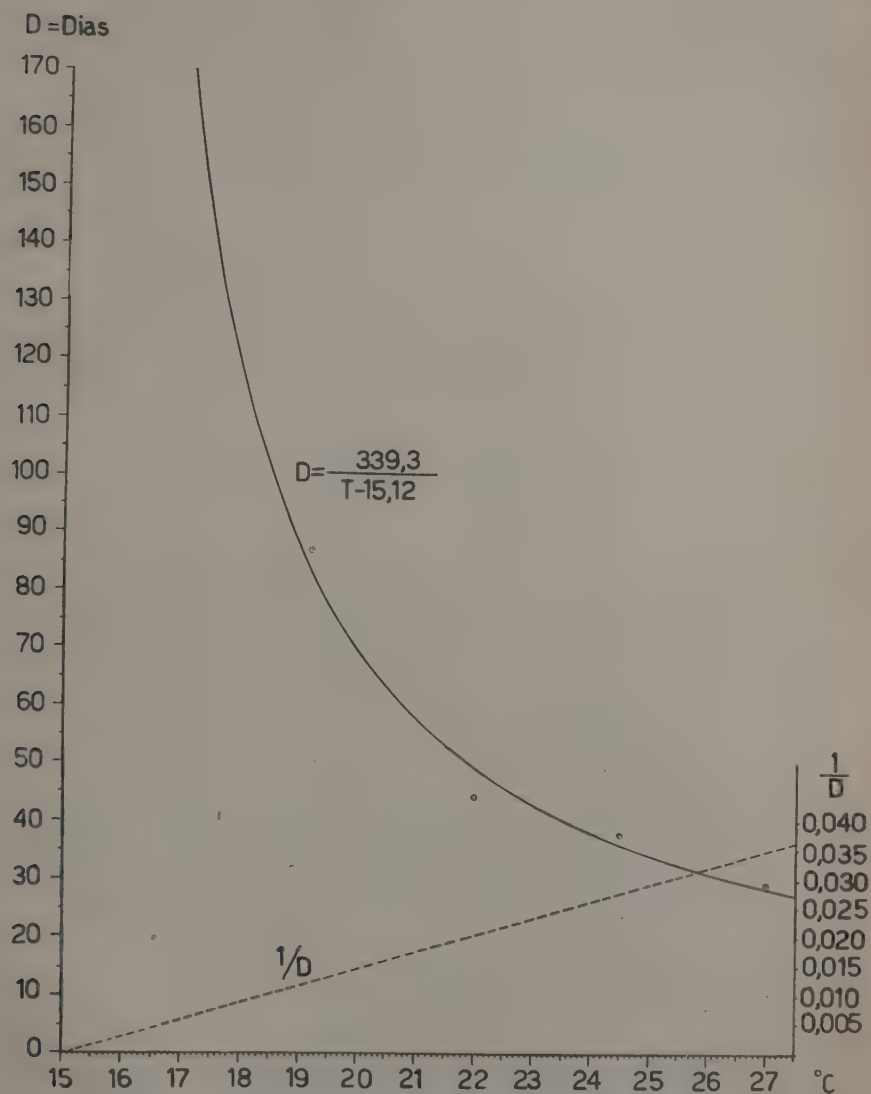


FIGURA 1.—Curvas representativas do desenvolvimento termometabólico da "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr.).

Dessa maneira, a partir de 1.º de setembro, determinamos as datas a que correspondem as gerações completas, de décimo em décimo, obtendo os dados apresentados no quadro 7.

QUADRO 7.—Desenvolvimento possível de gerações da “Broca do Café”, em um ano, segundo a equação termometabólica (8), de acordo com o quadro de temperaturas normais de Campinas, a partir de t = 0 (1.º de setembro)

t	Data	t	Data	t	Data	t	Data
0,0	1.º Set.	1,3	25,09 Nov.	2,6	26,33 Jan.	3,9	27,85 Mar.
0,1	8,32 ”	1,4	0,51 Dez.	2,7	30,93 ”	4,0	2,20 Abr.
0,2	16,64 ”	1,5	5,37 ”	2,8	4,47 Fev.	4,1	8,63 ”
0,3	24,96 ”	1,6	10,24 ”	2,9	9,00 ”	4,2	15,05 ”
0,4	2,53 Out.	1,7	15,10 ”	3,0	13,54 ”	4,3	21,48 ”
0,5	8,96 ”	1,8	19,96 ”	3,1	18,07 ”	4,4	27,90 ”
0,6	15,38 ”	1,9	24,82 ”	3,2	22,61 ”	4,5	7,94 Maio
0,7	21,81 ”	2,0	29,68 ”	3,3	27,15 ”	4,6	19,72 ”
0,8	28,24 ”	2,1	3,35 Jan.	3,4	3,89 Mar.	4,7	0,91 Jun.
0,9	3,13 Nov.	2,2	7,95 ”	3,5	8,68 ”	4,8	22,39 ”
1,0	8,62 ”	2,3	12,54 ”	3,6	13,47 ”	4,9	17,11 Jul.
1,1	14,11 ”	2,4	17,14 ”	3,7	18,27 ”	5,0	5,81 Ago.
1,2	19,60 ”	2,5	21,74 ”	3,8	23,06 ”	5,1	18,01 ”
						5,2	30,22 ”

4.1—CÁLCULO DO NÚMERO ANUAL DE GERAÇÕES

Os dados apresentados no quadro 7 mostram que, de acordo com nossos cálculos, e para as condições de temperatura normal de Campinas, é possível o desenvolvimento completo de pouco mais de cinco gerações da “Broca do Café” em um ano. Aliás, sendo a temperatura normal anual de Campinas 20,0 °C, resultado semelhante é obtido com a aplicação da fórmula

$$(8) \quad D = 331,3 / (20,0 - 15,12) = 69,53$$

$$365 / 69,53 = 5,24 \text{ gerações.}$$

Este resultado, aparentemente, está em contradição com o que foi observado por Bergamin que, em 1941, obteve sete gerações completas em um ano de trabalho; mas é preciso notar que, para as sucessivas gerações, as médias de temperatura, em que esse autor trabalhou, foram, respectivamente, de 23,5 — 20,0 — 21,7 — 24,1 — 25,3 e 25,1 °C, sendo ainda de se observar que as culturas não foram feitas a temperaturas constantes. Tal ressalva é feita porquanto é sabido que oscilações de temperatura aceleram o metabolismo dos insetos.

4.2—TRAÇADO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DE POPULAÇÕES, SEGUNDO EXEMPLOS NUMÉRICOS HIPOTÉTICOS

No quadro 8 apresentamos os valores calculados de "P %", entre $t = 0$ e $t = 4$, em intervalos de 0,1 t, correspondentes aos três exemplos numéricos estudados em nosso trabalho anterior (2).

QUADRO 8.—Desenvolvimento porcentual de três populações de frutos atacados pela "Broca do Café", segundo as equações (9), (10) e (11), para valores de t até o limite de 4

t	P ₁ %	P ₂ %	P ₃ %	t	P ₁ %	P ₂ %	P ₃ %
0,0	0,015	0,0015	0,0006	2,1	7,571	0,806	0,325
0,1	0,020	0,0020	.....	2,2	9,970	1,08	0,437
0,2	0,027	0,0027	.....	2,3	13,01	1,46	0,588
0,3	0,037	0,0037	.....	2,4	16,79	1,96	0,792
0,4	0,050	0,0050	.....	2,5	21,41	2,62	1,066
0,5	0,067	0,0067	.....	2,6	26,89	3,51	1,433
0,6	0,091	0,0091	.....	2,7	33,18	4,68	1,924
0,7	0,122	0,0122	.....	2,8	40,13	6,21	2,579
0,8	0,165	0,0165	.....	2,9	47,51	8,20	3,449
0,9	0,223	0,0223	.....	3,0	54,85	10,77	4,600
1,0	0,300	0,0300	0,012	3,1	62,15	14,00	6,109
1,1	0,405	0,0405	0,016	3,2	68,92	18,01	8,071
1,2	0,546	0,0547	0,022	3,3	74,96	22,87	10,59
1,3	0,735	0,0738	0,030	3,4	80,13	28,58	13,78
1,4	0,990	0,0996	0,040	3,5	84,45	35,07	17,75
1,5	1,332	0,134	0,054	3,6	88,03	42,16	22,55
1,6	1,790	0,181	0,073	3,7	90,82	49,58	28,22
1,7	2,401	0,244	0,098	3,8	93,02	57,04	34,65
1,8	3,213	0,330	0,132	3,9	94,78	64,18	41,72
1,9	4,290	0,444	0,178	4,0	96,10	70,72	49,14
2,0	5,730	0,598	0,240	.....	.....	.....	.....

Os resultados apresentados no quadro 8 foram obtidos das equações

$$(9) \quad P_1\% = \frac{100}{1 + 6\,672 e^{-3,0003 t}}$$

$$(10) \quad P_2\% = \frac{100}{1 + 66\,732 e^{-2,99776 t}}$$

$$(11) \quad P_3\% = \frac{100}{1 + 166\,682 e^{-2,99726 t}}$$

calculadas, respectivamente, para os exemplos 3.1, 3.2 e 3.3 do trabalho já citado, onde a infestação inicial era correspondentemente de 0,003 - 0,0003 e 0,00012.

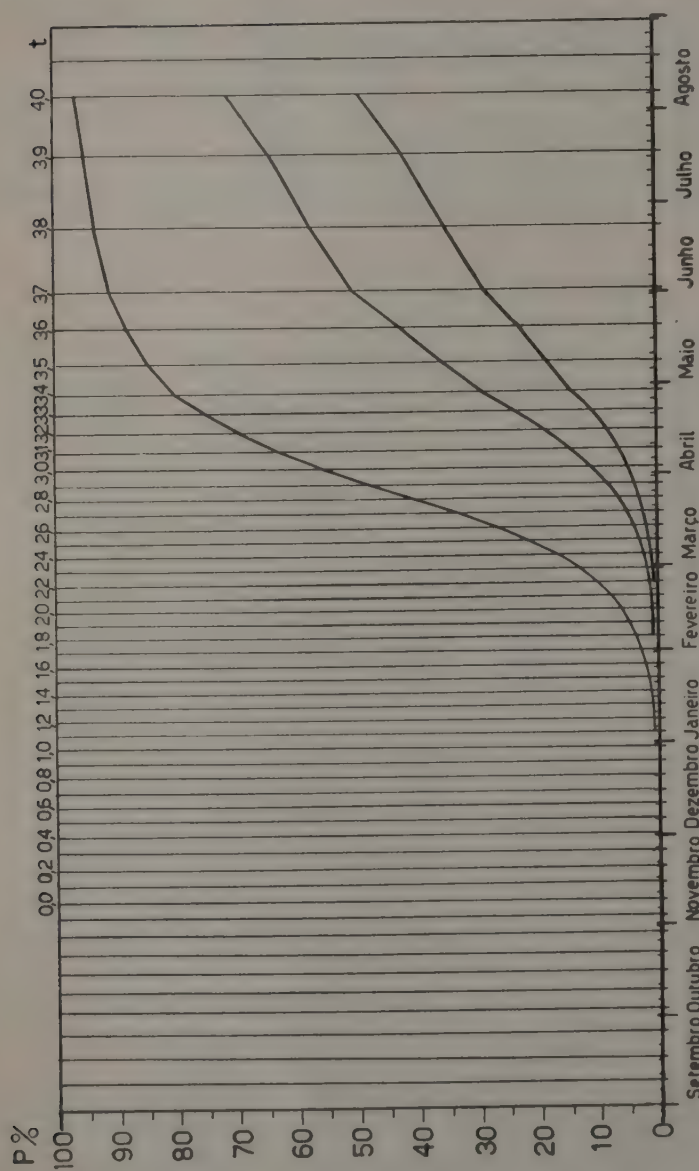


FIGURA 2.—Curvas representativas do crescimento das populações de frutos atacados pela "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — estudadas nos exemplos 3.1, 3.2 e 3.3 (2). Nas abscissas, os espaços de tempo foram calculados em função da temperatura normal de Campinas (média de 1890 a 1947), segundo a equação termo-metabólica dessa espécie (8), admitindo-se fosse T_0 no dia 8.62 de novembro do ano normal.

Levando agora os dados do quadro 8 para um gráfico (onde, nas abscissas, se acham os espaços de tempo em função da temperatura média de Campinas), e supondo que P_0 foi determinado no dia 8,62 de novembro, temos as curvas apresentadas na figura 2.

O estudo desse gráfico mostra até que ponto pode a temperatura influir no desenvolvimento de uma população de "Broca do Café".

RESUMO

Lançando mão de dados publicados por outro autor, (1) sobre o comportamento da "Broca do Café", quando criada a várias temperaturas, em laboratório, o autor, aceitando em princípio que uma hipérbole equilátera traduz o termometabolismo da espécie, calcula a **constante térmica** da espécie ($K = 339,26$) e determina a sua **temperatura mínima efetiva** ($T_0 = 15,12$ °C).

É deduzida a equação termometabólica para esse inseto, dada por

$$D = 339,26 / (T - 15,12).$$

Considerando que, num cafézal, a temperatura do ar não é constante, variando de acordo com a estação do ano, o autor pondera que a curva de crescimento de uma população de "Broca do Café" será melhor representada em gráfico onde seja levada em conta a influência da temperatura no desenvolvimento do ciclo biológico do inseto.

Dessa maneira, apreciando exemplos numéricos apresentados em trabalho anterior, e construindo novo gráfico, em vez de colocar os valores de "t" no eixo das abscissas, a intervalos regulares, coloca-os a intervalos previamente calculados pela aplicação da equação termometabólica do inseto, de acordo com a temperatura média do mês. Os exemplos são analisados em função das temperaturas normais de Campinas para um período de 58 anos (1890-1947).

A análise dos gráficos apresentados mostra até onde a temperatura do ambiente pode influir no desenvolvimento de uma população de "Broca do Café", em condições de campo.

SUMMARY

Based on published data (1) concerning the effect of temperature on the life-cycle of the coffee berry borer, and on the assumption that an equilateral hyperbole expresses the lengths of an insect life-cycle stage at various constant temperatures, the author has calculated the representative thermometabolic equation for the insect to be:

$$D = 339.3 / (T - 15.12)$$

In the equation, "D" represents the lengths (in days) of the insect life-cycle stage, "T" the temperature in degrees centigrade, and the value 15.12 °C is the calculated **minimum effective temperature**, or the **threshold of development** for the insect.

The thermometabolic curve and its reciprocal (**velocity curve**) are presented graphically in figure 1.

In a previous paper the author presented three curves representing the growth of the population of infested coffee fruits, under constant temperature conditions, and where the time "t" was plotted at regular intervals. Considering, however, that the development of the insect life-cycle stage is a function of temperature and by consequence that the time "t" can be calculated from the thermometabolic equation for the insect, and knowing the normal monthly temperature of Campinas (calculated mean for 58 years — from 1890 to 1947), it is now possible to present a graph (see figure 2) where the calculated time "t" is plotted according to the mean temperature of the month. The curves in the graph indicate the importance of the influence of temperature on the growth of the population of infested coffee fruits, under field conditions.

LITERATURA CITADA

1. **Bergamin, J.** Contribuição para o conhecimento da biologia da "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr. 1867) (Col. Ipidæ) — Arq. Inst. Biol. S. Paulo 14: 31-72, tab. 1-16. 1943.
2. **Mendes, Luiz O. T.** Determinação do potencial biótico da "Broca do Café" *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — e considerações sobre o crescimento de sua população. II — A importância da diminuição do índice inicial de infestação no grau final de frutos de café atacados pela praga. Bragantia 9: 203-214, fig. 1 1949.

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL BIÓTICO DA "BROCA DO CAFÉ" — *HYPOTHENEMUS HAMPEI* (FERR.)—E CONSIDERAÇÕES SOBRE O CRESCIMENTO DE SUA POPULAÇÃO

IV — UMA CORREÇÃO NO CÁLCULO DO POTENCIAL DE OVIPOSIÇÃO DO INSETO

LUIZ O. T. MENDES

Engenheiro agrônomo, Secção de Entomologia Aplicada, Instituto Agrônomo de Campinas

Em um trabalho anterior sobre o assunto (1), por um erro de cálculo, dissemos que, para um período ativo médio de 125,2 dias, uma fêmea poria 83,9 ovos, o que foi obtido pela multiplicação de 125,2 por 0,75 (número médio de ovos postos em um dia). Mas, tal produto é 93,9, e não 83,9.

Por outro lado, revendo o raciocínio seguido para tal determinação, verificamos que mais uma modificação deve ser feita, o que é dado a seguir.

Se uma fêmea pode atacar sucessivamente 4 frutos, e consome, em média, 2 dias para a abertura de uma galeria e câmara iniciais, deverá, portanto, consumir 8 dias para o trabalho total em 4 frutos. Somando-se esses 8 dias, aos 6 do período de pré-oviposição, têm-se 14 dias. Sendo de 131,2 dias o período ativo médio de uma fêmea, têm-se, finalmente, 117,2 dias de atividade ovipositora ($131,2 - 14 = 117,2$), podendo cada fêmea, portanto, pôr 87,9 ovos em média ($117 \times 0,75 = 87,9$). E cada fêmea infestando 4 frutos, temos, então, $87,9 / 4 = 21,98$ ovos, em média, por fruto atacado.

Logo, sendo $p_2 = 21,98$, tem-se

$$p'_2 = (9,75 \times 21,98) / 10,75 = 21,43$$

e não 19,02, como havia anteriormente sido determinado.

Considerando-se, agora, o comportamento da fêmea mãe, nos frutos atacados, semelhante ao de suas descendentes, tem-se, finalmente,

$$p_2 = 21,43 + 1 = 22,43.$$

Dessa maneira, nas equações apresentadas no trabalho citado (1), bem como no que se lhe seguiu (2), o valor do potencial de oviposição deverá ser substituído. Isso em nada altera a parte teórica do trabalho, se bem

que modifique um pouco os resultados apresentados nos exemplos que foram estudados.

Assim, a equação geral, representativa do crescimento de uma população da "Broca do Café" será

$$P_t^4 = \frac{22,43 \text{ aR } (=100)}{1 + (22,43/iq-1) e^{-2,303 [\log (22,43-iq) / (1-iq)] t}}$$

Quando o limite superior utilizado fôr 22,43 aR, será a população expressa em número de fêmeas ativas, e quando tal limite fôr 100, a população será expressa em percentagem de frutos de café atacados pela praga.

LITERATURA CITADA

1. **Mendes, Luiz O. T.** Determinação do potencial biótico da "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — e considerações sobre o crescimento de sua população. II — A importância da diminuição do índice inicial de infestação no grau final de frutos de café atacados pela praga. *Bragantia* **9**: 203-214, fig. 1. 1949.
2. **Mendes, Luiz O. T.** Determinação do potencial biótico da "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — e considerações sobre o crescimento de sua população. III — Curva termometabólica da "Broca do Café" e sua aplicação no estudo do crescimento de sua população. *Bragantia* **9**: 215-226, fig.1-2. 1949.

ÍNDICE DE AUTORES

	Páginas		Páginas
Alencar, F. M. Aires de	133	Küpper, A.	185
Bertoni, José	147	Medina, Dixier M.	47
Carvalho, A.	11, 157, 193	Mendes, A. J. T.	25
Catani, R. A.	125, 175, 185	Mendes, Cândida H. T.	35
Costa, A. S.	43, 59	Mendes, H. C.	165
Forster, R.	43	Mendes, J. E. Teixeira	81, 157
Franco, C. M.	165	Mendes, Luiz O. T. ...	53, 203, 215, 227
Grant, T. J.	59	Moreira, S.	59
Grohmann, F.	125	Paiva Neto, J. E. de	175
Krug, C. A.	1, 11, 157, 193	Stevens, W. L.	103

ÍNDICE GERAL

- Aphis citricidus*, 61.
Arenito Bauru, 125.
- Bahia grass*, 138, 144.
Bermuda grass, 142.
Beterraba, vírus do "curly top", 43.
"Broca do Café", 203, 215, 227.
- determinação do potencial biótico, 203, 215, 227.
- - cálculo da constante térmica, 218.
- - **constante térmica**, 225.
- - curvas de crescimento de populações, 223.
- - desenvolvimento da infestação, 211
- - equação termometabólica, 217, 219.
- - grau inicial de infestação, 213.
- - infestação porcentual dos frutos de café, 203.
- - influência da temperatura no ciclo biológico, 215.
- - longevidade das fêmeas, 204.
- - resultados porcentuais de infestação, 213.
- - **temperatura mínima efetiva**, 225.
- Café amarelo de Botucatu, 81.
- - bourbon, 81, 104, 194.
- - amarelo, 81, 104.
- - caturra, 157.
- - amarelo, 161.
- - vermelho, 161.
- - cêra, 193.
- - libérica, 35.
- - maragogipe, 81, 104.
- - nacional, 81, 104.
- - nanico, 157.
- - robusta, 35.
- - sumatra, 81, 104.
- Cafeeiro, 1, 11, 25, 35, 47, 81, 165.
- adubações, 81.
- agentes de polinização da flor, 11.
- biologia da flor, 1.
- coloração das folhas novas, 5.
- deficiências minerais, 165.
- - absorção de nitrogênio, 168.
- - clorose no parênquima, 171.
- - composição química das soluções nutritivas, 167.
- - deficiência de cálcio, 170; de enxofre, 171; de ferro, 171; de fósforo, 169; de magnésio, 170; de nitrogênio, 168; de potássio, 170.
- - solução completa com aeração, 167.
- - solução nutritiva de Hoagland, 165.
- - solução nutritiva de Shive, 169.
- ensaio de variedades, 81.
- genética, 1.
- melhoramento, 1.
- pesquisas citológicas, 1.
- Cajanus cajan*, 134.
Cálcio, dosagem pelo método permanganométrico do ácido oxálico, 187; formas de ocorrência nos solos subtropicais do Estado de São Paulo, 185.
- Capim Gengibre, 138, 143.
- Kikuiu, 138, 142.
- Citranges, 63.
Citrumelos, 63.
Citrus, 48, 59.
- *aurantifolia*, 59.
- *aurantium*, 59.
- *grandis*, 63.
- *limon*, 61.
- melhoramento genético, 73.
- *paradisi*, 61, 73.
- - floema intolerante, 73.

(*Citrus*)

- *reticulata*, 59, 73.
- - x *C. aurantium*, 74.
- - x *C. paradisi*, 63.
- *sinensis*, 59, 73.
- - x *C. aurantium*, 74.
- tristeza, 59.
- - clorose das nervuras, 70.
- - combinações de cavalo-cavaleiro, 59.
- - distribuição do vírus na planta, 77.
- - experiências de anelagem e de interenxertia, 68.
- - fluxos de crescimento, 76.
- - interenxerto de laranja azêda, 68.
- - morte das radicelas e raízes, 68.
- - multiplicação do vírus, 64.
- - natureza da injúria, 66.
- - observações genéticas, 71.
- - presença do vírus nas gemas de plantas afetadas, 78.
- - presença do vírus nas raízes, 69.
- - pulgão prêto, 61.
- - quadro sintomatológico, 68.
- - "quick decline", 66.
- - reação das plantas cítricas, 60, 71.
- - resistência à infecção pelo vetor, 61.
- - resistência fisiológica, 61.
- - sintomas em plantas de pé franco, 69.
- - tolerância dos tecidos da planta, 64, 70.
- - vírus do floema e do parênquima, 77.

Coffea, 25, 35, 47, 193.

- auto-esterilidade, 35.
- coloração do endosperma, 193.
- genética, 193.
- *arabica*, 1, 11, 25, 37, 47, 81, 134, 157, 165, 193.
- - adubações, 81.
- - agentes de fecundação, 201.
- - agentes de polinização, 11, 15, 17, 21.
- - autopolinização, 13, 14, 15, 17.
- - autopolinização natural, 13; própria, 13, 14.
- - biologia da flor, 200.
- - deiscência, 12.
- - *die-back*, 162.
- - endosperma, 13, 200.
- - ensaio de variedades, 81; adubações, 81; análise estatística, 100, 103, (amplitude de oscilação, 118; análise de covariância, 107, 117, 118; análise de regressão, 115; arranjo sistemático, 119; blocos ao acaso, 121; coeficientes de regressão, 108; coeficientes dos polinômios ortogonais, 108; curva de regressão, 116, 120; delineamentos sistemáticos, 103, 104; efeito da heterogeneidade do terreno, 117; elemento de casualização, 121; fenômeno da oscilação, 120; funções

(*Coffea*)

- lineares ortogonais, 107; "gráfico de controle", 116; medida da oscilação, 107; métodos de delineamento casualizado, 104; oscilação de colheita, 103; polinômios ortogonais, 107; princípios de casualização, 103; regressão cúbica, 115; regressão de ortogonalidade, 108; tendência secular, 121; variação aleatória, 121; época de maturação dos frutos, 84, 85, 87, 88, 90, 91, 92, 94; maturação dos frutos, 96; precocidade de maturação, 95; produção, 97, 105; produções e percentagens de café cereja, 84; tamanho das sementes, 84, 86, 87, 89, 90, 93, 94, 96.
- - gen, 4, 6; ação pleiotrópica, 4; alelos, 6.
- - indicadores genéticos, 12; *cera*, 13; *purpurascens*, 12, 13.
- - interação de fatores, 5.
- - mecanismo da transmissão do pólen, 13.
- - mutações, 1, 2; citoplásmicas, 4; cromossômicas, 4; de valor econômico, 9; gênicas, 2; somáticas, 5, 8.
- - nucelo, 200.
- - observações citológicas, 25, 47; estudo do pólen, 25, 50; híbridos de *Coffea*, 25; medições dos grãos de pólen, 28; microsporogênese, 25, 50; pareamento dos cromossomos em diaquinese, 26; planta "387", 28, 31; prófase, 25.
- - observações citológicas na var. *rugosa*, 47; células da epiderme, 49; coloração pela nigrosina, 49; estudo do pólen, 50; gemas foliares, 48; microsporogênese, 50; quimera citológica e genética, 47.
- - óvulos, 19; número inicial, 19; percentagem de fecundação, 19.
- - percentagem de frutificação, 19.
- - perisperma, 200.
- - taxonomia, 157.
- - var. *angustifolia*, 8.
- - var. *bourbon*, 7, 37, 81, 158, 165; deficiências minerais, 165; forma *xanthocarpa*, 81.
- - var. *calycanthema*, 5.
- - var. *caturra*, 157; diagnose, 162; forma *xanthocarpa*, 157; diagnose, 162.
- - var. *cêra*, 193; autofecundação, 193; característico "cêra", 193; cromossomos, 200; cruzamentos interestespecíficos, 200; indicador genético, 201; percentagem de frutificação e de fecundação, 200.
- - var. *goiaba*, 5.
- - var. *laurina*, 6; laurina sintético, 7.

(*Coffea*)

- - var. *maragogipe*, 81.
- - var. *mokka*, 6.
- - var. *morta*, 7.
- - var. *nana*, 7.
- - var. *rugosa*, 9, 47.
- - var. *typica*, 4, 7, 9, 47, 81, 159, 193 ;
forma *xanthocarpa*, 81.
- - "Vicinismus", 12.
- - *canephora*, 11, 25, 35, 193.
- - auto-esterilidade, 35 ; grau, mecanismo
genético, 36.
- - autopolinizações artificiais, 35.
- - combinações compatíveis, 36.
- - complexos monoclonicos, 35.
- - estudos citológicos, 37 ; macrosporo-
gênese, microsporangênese, 37 ; pólen,
tubo polínico, 38.
- - formação do pólen, 36 ; do saco em-
brionário, 36.
- - germinação do pólen, 35.
- - intersterilidade dos clones, 35.
- - *Dewevrei*, 25, 29, 193, 200.
- - var. *excelsa*, 35.
- - *liberica*, 11, 31, 35, 193.
- - autopolinização, 11, 35.

Cultura algodoeira, consumo de elementos
nutritivos, 128 ; localização, 125.

Cultura do café, localização, 125.

Cynodon dactylon, 142, 144.

Datura, 47.

Dysdercus, 53.

- - observações citológicas, 53.

- - *mendesi*, 53.

- - cadeias de cromossômios, 53.

- - centrômero localizado, 55 ; subter-
minal, 55.

- - constrição cêntrica, 56 ; subterminal,
56.

- - cromossômios contíguos, dicêntricos,
55 ; ligados por conectivo, 54.

- - dinâmica do centrômero, 56.

- - fibrilas do fuso, 55.

- - tecido somático, 53.

Erosão, 125, 133, 147.

- - erodibilidade dos principais tipos de solo
do Est. de S. Paulo, 126 ; Arenito Bau-
ru, Arqueano, Terra Roxa, 126.

- - nas matas, 147.

- - "razão de argila", 126.

- - "razão de erosão", 126.

- - sistema coletores, 126, 147.

- - coleta de uma fração alíquota de enxur-
rada, 148.

- - coleta total de enxurrada, 148.

- - determinações de perdas, 147, 151.

- - limnógrafo, 148.

- - métodos de medição de enxurrada, 148.

(Erosão)

- - registro total da enxurrada e determi-
nação da intensidade, 148.
- - solo do Arenito Bauru, 125.

Fortunella, 65.

Fotômetro de chama, 175, 177, 187.

Fumo, 43.

- - enrolamento das folhas, 43.

- - vírus do "curly top" da beterraba, 43.

Gramma Americana, 138.

- - de folha estreita, 144.

- - Batatais, 138.

- - de folha larga, 144.

- - das Roças, 138, 142.

- - Portuguesa, 138, 141.

- - Sêda, 138, 142.

- - Tio Pedro, 138, 141.

Gravidade, agente de polinização da flor
do cafeeiro, 13, 15.

Guandu, 134.

Hemiptera, 53, 55.

Hypothenemus, 203, 215, 227.

Inseto, agente de polinização da flor do
cafeeiro, 13, 15.

Kudzu comum, 13, 143.

Magnésio, complexo coloidal, 188 ; formas
de ocorrência nos solos subtropicais do
Est. S. Paulo, 185.

Margaridinha (Dorinha), 138, 143.

Melipona testaceicornis, 12.

Nicotiana, 37.

Panicum repens, 141, 144.

Paspalum convexum, 141, 144.

- - *dilatatum*, 142, 144.

- - *maritimum*, 143, 144.

- - *notatum*, 138, 141, 144.

Pennisetum clandestinum, 142, 144.

Plantas úteis para o revestimento do so-
lo, 133.

Poncirus trifoliata, 65, 72.

- - x *C. aurantium*, 74.

- - x *C. paradisi*, 63.

- - x *C. sinensis*, 63.

Potássio, dosagem pelo Fotômetro de
chama, 175, 187 ; formas de ocorrên-
cia nos solos subtropicais do Est. S.
Paulo, 185.

Pueraria thumbergiana, 143, 145.

Pulgão preto da laranjeira, 61.

"Quick decline" (ver *Citrus*).

Severinia buxifolia, 65.

Sistemas coletores (ver Erosão).

Sódio, dosagem pelo Fotômetro de cha-
ma, 175.

Solanum tuberosum, 62.

Solo, 133, 147, 175, 185.

- análise, 175, 181.

- aplicação da fotometria de chama, 181, 187.

- características físico-químicas, 185.

- colóides, 185.

- do Arenito Bauru, 125, 187.

- adubação, 130.

- capacidade de adsorção, 130.

- empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira, 125.

- enxurrada decantada, 127.

- material erodido, 127.

- perda da fertilidade, 126.

- retenção dos elementos fertilizantes, 130.

- riqueza do material erodido, 127.

- sistemas coletores, 127.

- solo original e transportado, 127.

- teor em argila e em matéria orgânica, 130.

- do Estado de São Paulo, 185.

- arenito Bauru, 187; massapé-salmourão, 187, 190; terra-roxa-legítima, 187, 190; tipo glacial, 187.

- as formas "trocável" e "fixa" dos cations K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , 185.

- cálcio "trocável", 191.

- dosagem do cálcio e do potássio, 187.

- íons potássio e magnésio na forma "trocável", 190.

- micas, 189.

- teores de potássio, cálcio e magnésio trocáveis, 188, 190.

- dosagem do potássio e sódio pelo Fotômetro de chama, 175, 187.

- comparação dos resultados pelos métodos do fotômetro e do cobaltí-hexanitrito, 180.

- curvas do potássio, 177, 178.

- curvas do sódio, 179.

(Solo)

- espectografia de chama, 176.

- método da fotometria de chama, 176.

- método da intensidade direta, 181.

- método gravimétrico, 176.

- teores de potássio, 180.

- fluorização da rocha, 175.

- massapé-salmourão, 187.

- plantas úteis para o revestimento, 133.

- capim Gengibre, 138, 143.

- capim Kikuiu, 138, 142.

- combate à erosão, 133.

- densidade de cobertura e travamento do solo, 139.

- grama Americana, 138; grama Americana de folha estreita, 144; grama Batatais, 138, 141; grama Batatais de folha larga, 144; grama das Roças, 138, 142; grama Portuguesa, 138, 141; grama Sêda, 138, 142; grama Tio Pedro, 138, 141.

- Kudzu comum, 138, 143.

- Margaridinha (Dorinha), 138, 143.

- peso e volume das raízes, 137.

- teor "trocável" ou "permutável" dos cations, 185.

- terra-roxa-legítima, 187.

- tipo glacial, 187.

Tângelos, 63.

Tephrosia candida, 134.

Tristeza (ver *Citrus*).

Vento, agente de polinização da flor do cafeeiro, 11, 13, 14, 15.

Vírus, 43, 64, 69, 77.

- A, 62.

Wedelia paludosa, 143, 145.

Zamboas, 63.

SECÇÕES TÉCNICAS

- Secção de Agrogeologia** : — J. E. de Paiva Neto, M. S. Queiroz, M. Gutmans, A. C. Nascimento, A. Küpper, R. A. Catani, F. C. Verdade, H. P. Medina, Washington de Jorge, A. Klinck, M. T. Piza.
- Secção de Botânica** : — D. M. Dedecça.
- Secção de Café** : — J. E. T. Mendes, F. R. Pupo de Moraes, H. J. Scaranari.
- Secção de Cana de Açúcar** : — J. M. de Aguirre Júnior, C. Côrte Brilho, J. B. Rodrigues, A. L. Segala.
- Secção de Cereais e Leguminosas** : — G. P. Viegas, N. A. Neme, H. da Silva Miranda, M. Alcover, J. Gomes da Silva, J. Andrade Sobrinho, O. T. Mendes Sobrinho.
- Secção de Conservação do Solo** : — J. Quintiliano de A. Marques, F. Grohmann, I. Bertoni, F. M. Aires de Alencar.
- Secção de Entomologia** : — J. Bergamin, Luiz O. T. Mendes, Romeu de Tela.
- Secção de Fisiologia e Alimentação de Plantas** : — C. M. Franco, Osvaldo Bacchi, R. Inforzato, H. C. Mendes.
- Secção de Fitopatologia Aplicada** : — A. P. Viegas, C. G. Teixeira.
- Secção de Fumo, Plantas Inseticidas e Medicinais** : — A. R. Lima, S. Ribeiro dos Santos, A. Jacob.
- Secção de Oleaginosas** : — O. Ferreira de Sousa, V. Canecchio Filho, A. C. Rúbia, E. Abramides.
- Secção de Química Mineral** : — J. B. C. Néri Sobrinho, A. de Sousa Gomide, F. L. Serafini, J. A. Neger, I. Mendes.
- Secção de Raízes e Tubérculos** : — Edgar S. Normanha, A. Pais de Camargo, O. J. Boock, A. S. Pereira.
- Secção de Tecnologia Agrícola** : — A. Frota de Sousa, M. B. Ferraz, J. P. Néri, A. de Arruda Veiga, E. Castanho de Andrade.
- Secção de Técnica Experimental e Cálculo** : — C. G. Fraga Júnior, A. Conagin.

ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS

- Central de Campinas** : — R. Forster, Miguel A. Anderson, R. Munhoz.
- Boracéia** : —
- Capão Bonito** : — A. Rígilano.
- Jaú** : — Hélio de Moraes.
- Jundiá** : — J. S. Inglês de Sousa.
- Limeira** : — C. Roessing.
- Mococa** : — M. Vieira de Moraes.
- Monte Alegre do Sul** : — A. Gentil Gomes.
- Pindamonhangaba** : — R. A. Rodrigues.
- Pindorama** : — J. Aloisi Sobrinho.
- Piracicaba** : — H. Correia de Arruda.
- Ribeirão Preto** : — V. Lazzarini.
- São Roque** : — W. C. Ribas.
- Tatuí** : — D. M. Correia.
- Tietê** : — V. Gonçalves de Oliveira.
- Ubatuba** : — Natal de Assis Correia.

IMPRIMIU:
INDÚSTRIA GRÁFICA SIQUEIRA S/A
RUA AUGUSTA, 235 — SÃO PAULO